世纪星铣床数控系统

编程说明书



V 3.4

2009.02

武汉华中数控股份有限公司
中国·武汉

前言

欢迎您选用武汉华中数控股份有限公司生产的华中世纪星系列铣床数控系统！

本说明书详细介绍了数控编程的基本知识、指令体系、各指令功能的特点、注意事项和宏指令编程方法，并配以大量典型编程实例和图例加以说明。既可作为世纪星铣床数控系统产品说明书，也可作为数控编程的培训教材。

在使用本公司铣床数控系统时，请先仔细阅读本说明书！

本说明书适用于我公司华中世纪星 HNC-18iM/19iM 软件 V4.0 版、HNC-18xp/M、HNC-19xp/M 软件所有版本和世纪星 HNC－21MD/22MD 软件 05.62.07.10 版以后所有版本！

为了能给您的工作带来便利，请参考我公司以下联系方式，您的成功是我们最大的快乐！

公司网址：www. huazhongcnc. com

E-mail:　market@huazhongcnc.com

市场部：027-87180095　　87180303

传　真：　027－87180303　　　　　　邮　编：　430223

公司地址：武汉东湖高新技术开发区庙山小区华中科技大学科技园

如有疑问，请咨询我公司的技术人员，或致电以上联系方式，同时也欢迎您来我公司参观指导！

武汉华中数控股份有限公司

2009 年 02 月

目　录

第一章 概述

本书针对 HNC-21M/22M、HNC-18iM/19iM、HNC-18xp/M、HNC-19xp/M 世纪星数控铣床系统进行编程说明，其编程语言为广泛使用的 ISO 码。

本章旨在对本说明书中提到的一些基本概念进行解释。

1.1 数控编程概述

零件程序是由数控装置专用编程语言书写的一系列指令组成的（应用得最广泛的是 ISO 码：国际标准化组织规定的代码）。

数控装置将零件程序转化为对机床的控制动作。

最常使用的程序存储介质是磁盘、CF 卡、U 盘和网络。

1.2 数控编程基本知识

1.2.1 机床坐标轴

为简化编程和保证程序的通用性，对数控机床的坐标轴和方向命名制订了统一的标准，规定直线进给坐标轴用 *X*，*Y*，*Z* 表示，常称基本坐标轴；围绕 *X*，*Y*，*Z* 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 *A*，*B*，*C* 表示，常称旋转坐标轴；

一、基本坐标轴 *X*，*Y*，*Z*：

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局。*X*，*Y*，*Z* 坐标轴的相互关系用右手定则决定，如图 1.2.1 所示，图中大姆指的指向为 *X* 轴的正方向，食指指向为 *Y* 轴的正方向，中指指向为 *Z* 轴的正方向。

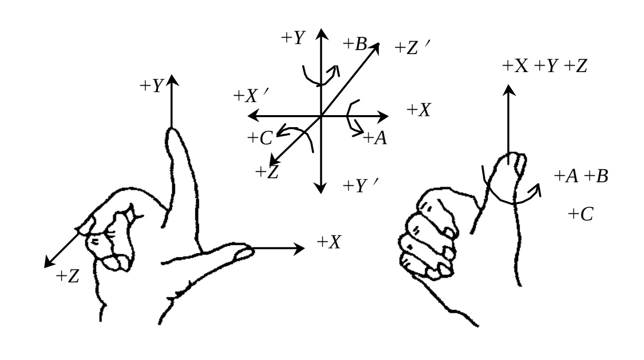


图 1.2.1　机床坐标轴

对于单立柱立式铣床（加工中心），由于其为有旋转主轴的机床，先确定 Z 轴方向：主轴轴线方向为 Z 轴方向，刀具离开工件的方向为 Z 轴正方向；然后确定 X 轴方向：操作者面向立柱时，在工作台移动方向中，刀具相对于工件，刀具向右移动的方向为 X 轴正方向；再确定 Y 轴方向：根据右手定则即可确定刀具相对于工件，刀具向立柱移动的方向为 Y 轴正方向。数控机床的进给运动，有的由主轴带动刀具运动来实现，有的由工作台带着工件运动来实现。上述坐标轴正方向，是假定工件不动，刀具相对于工件做进给运动的方向。如果是工件移动则用加“′”的字母表示，按相对运动的关系，工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反，即有：

$+X=-X'$ ，$+Y=-Y'$ ，$+Z=-Z'$ ，

$+A=-A'$ ，$+B=-B'$ ，$+C=-C'$

同样两者运动的负方向也彼此相反。

二、旋转坐标轴

围绕 X，Y，Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A，B，C 表示，根据右手螺旋定则，如图所示，以大姆指指向 $+X$，$+Y$，$+Z$ 方向，则食指、中指等的指向是圆周进给运动的 $+A$，$+B$，$+C$ 方向。

1.2.2 机床参考点、机床零点和机床坐标系

一、机床参考点：

机床参考点是机床上一个固定的机械点（有的机床是通过行程开关和挡块确定，有的机床是直接由光栅零点确定等）。通常在机床的每个坐标轴的移动范围内设置一个机械点，由它们构成一个多轴坐标系的一点。参考点主要是给数控装置提供一个固定不变的参照，保证每一次上电后进行

的位置控制，不受系统失步、漂移、热胀冷缩等的影响。参考点的位置，可根据不同的机床结构设定在不同的位置，但一经设计、制造和调整后，该点便被固定下来。机床起动时，通常要进行机动或手动回参考点操作，以确定机床零点。

二、机床零点：

机床零点是机床中一个固定的点，数控装置以其为参照进行位置控制。数控装置上电时并不知道机床零点的位置，当进行回参考点操作后，机床到达参考点位置，并调出系统参数中“参考点在机床坐标系中的坐标值”，从而使数控装置确定机床零点的位置（即通过当前位置的坐标值确定坐标零点），实现将人为设置的机械参照点转换为数控装置可知的控制参照点。参考点位置和系统参数值不变，则机床零点位置不变，当系统参数设定“参考点在机床坐标系中的坐标值为 0 时”，回参考点后显示的机床位置各坐标值均为 “0” ，以后机床无论通过何方式移动，均可通过计算脉冲数，从而知道机床相对于机床零点的位置关系。

三、机床坐标系：

机床坐标系是机床固有的坐标系。其以机床零点为原点，各坐标轴平行于各机床轴的坐标系称为机床坐标系。机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点。

机床坐标轴的有效行程范围是由软件限位来界定的，其值由制造商定义。机床零点（OM）、机床参考点（Om）、机床坐标轴的机械行程及有效行程的关系如图 1.2.2 所示。

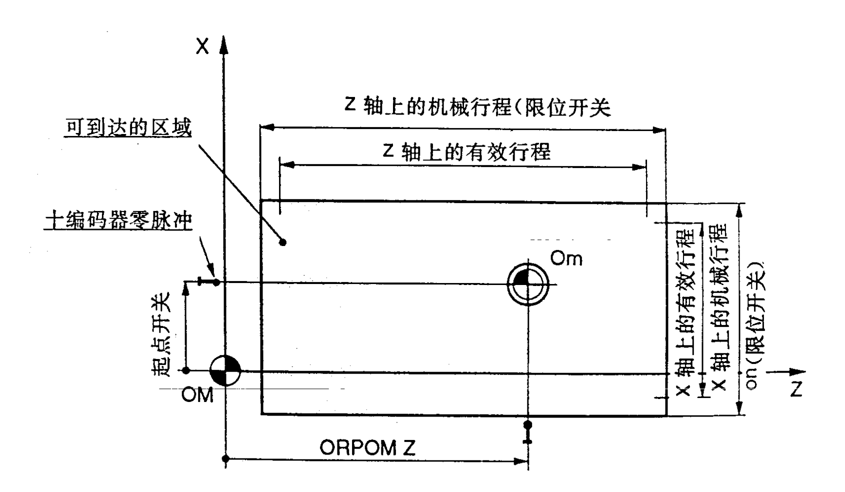


图 1.2.2 机床零点 OM 和机床参考点 Om

1.2.3 工件坐标系、程序原点

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点为原点（也称程序原点），建立一个平行于机床各轴方向的坐标系，称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的引入是为了简化编程、减少计算，使编辑的程序不因工件安装的位置不同而不同。虽然数控系统进行位置控制的参照是机床坐标系，但我们一般都是在工件坐标系下操作或编程。

工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单，尺寸换算少，引起的加工误差小等条件。一般情况下，以坐标式尺寸标注的零件，程序原点应选在尺寸标注的基准点；对称零件或以同心圆为主的零件，程序原点应选在对称中心线或圆心上。Z 轴的程序原点通常选在工件的上表面。

加工开始时要设置工件坐标系，用 G92 指令可建立工件坐标系；用 G54~G59 指令可选择工件坐标系。

第二章 零件程序的结构

一个零件程序是一组被传送到数控装置中去的指令和数据。

一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段是由若干个指令字组成的。如图 2.1 所示。

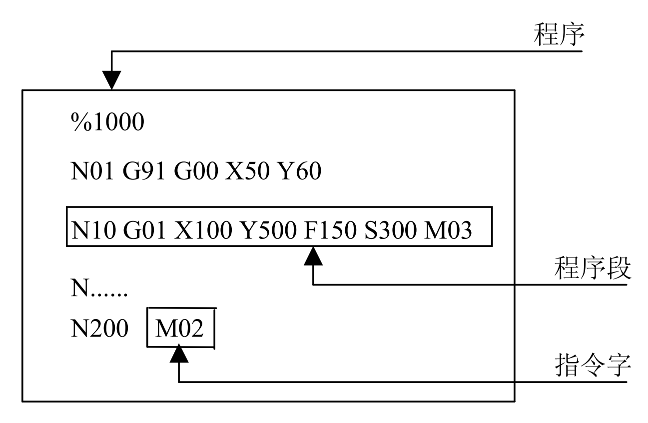


图 2.1 程序的结构

2.1 指令字的格式

一个指令字是由地址符(指令字符)和带符号（如定义尺寸的字）或不带符号（如准备功能字 G 代码）的数字数据组成的。

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 2.1 所示。

表 2.1 指令字符一览表

机 能	地 址	意 义
零件程序号	%	程序编号：%0001~9999
程序段号	N	程序段编号：N0~4294967295
准备机能	G	指令动作方式(直线、圆弧等) G00-104
尺寸字	X，Y，Z A，B，C U，V，W	坐标轴的移动命令±99999.999
	R	圆弧的半径
	I，J，K	圆心相对于起点的坐标

进给速度	F	进给速度的指定　　　F0~36000
主轴机能	S	主轴旋转速度的指定　S0~9999
刀具机能	T	刀具编号的指定　　　T0~99
辅助机能	M	机床侧开/关控制的指定　M0~99
补偿号	H，D	刀具补偿号的指定　　00~99
暂停	P，X	暂停时间的指定　　　秒
程序号的指定	P	子程序号的指定　　　P1~4294967295
重复次数	L	子程序的重复次数
参数	R、P、F、Q、I、J、K	固定循环的参数

2.2 程序段的格式

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。

程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法，如图 2.2.1 所示。

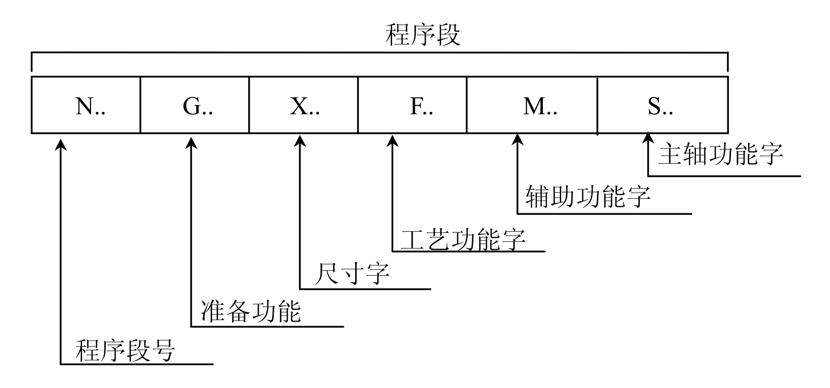


图 2.2.1 程序段格式

2.3 程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符。

一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的，而不是按程序段号的顺序执行的，但书写程序时，建议按升序书写程序段号。

华中世纪星数控装置 HNC-21M 的程序结构：

程序起始符：%(或 O)后跟数字，如：%××××。程序起始符应单独一行，并从程序的第一行、第一格开始。

程序结束：M02 或 M30。

注释符：括号( )内或分号；后的内容为注释文字

2.4 程序的文件名

CNC 装置可以装入许多程序文件，以磁盘文件的方式读写。文件名格式为(有别于 DOS 的其它文件名)：O××××(地址 O 后面必须有四位数字或字母)。主程序、子程序必须写在同一个文件名下。本系统通过调用文件名来调用程序，进行加工或编辑。

第三章 HNC-21M 的编程指令体系

3.1 辅助功能 M 代码

辅助功能由地址字 M 和其后的一或两位数字组成，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作。

M 功能有**非模态 M 功能和模态 M 功能**二种形式。

- 非模态 M 功能 (当段有效代码) ：只在书写了该代码的程序段中有效；
- 模态 M 功能(续效代码)：一组可相互注销的 M 功能，这些功能在被同一组的另一个功能注销前一直有效。

模态 M 功能组中包含一个缺省功能（见表 3.1)，系统上电时将被初始化为该功能。

另外，M 功能还可分为**前作用 M 功能和后作用 M 功能**二类。

- 前作用 M 功能：在程序段编制的轴运动之前执行；
- 后作用 M 功能：在程序段编制的轴运动之后执行。

华中世纪星 HNC-21M 数控装置 M 指令功能如表 3.1 所示（▶ 标记者为缺省值)：

表 3.1 M 代码及功能

代　码	模态	功 能 说 明	代　码	模态	功 能 说 明
M00	非模态	程序停止	M03	模态	主轴正转起动
M01	非模态	选择停止	M04	模态	主轴反转起动
M02	非模态	程序结束	M05	模态	▶ 主轴停止转动
M30	非模态	程序结束并返回程序起点	M07	模态	切削液打开
			M08	模态	切削液打开
M98	非模态	调用子程序	M09	模态	▶ 切削液停止
M99	非模态	子程序结束			

- M00、M01、M02、M30、M98、M99 用于控制零件程序的走向，是 CNC 内定的辅助功能，不由机床制造商设计决定，也就是说，与 PLC 程序无关；
- 其余 M 代码用于机床各种辅助功能的开关动作，其功能不由 CNC 内定，而是由 PLC 程序指定，所以有可能因机床制造厂不同而有差异(表内为标准 PLC 指定的功能)，请使用者参考机床说明书。

3.1.1 CNC 内定的辅助功能

(1) 程序暂停 M00

当 CNC 执行到 M00 指令时，将暂停执行当前程序，以方便操作者进行刀具和工件的尺寸测量、工件调头、手动变速等操作。

暂停时，机床的主轴、进给及冷却液停止，而全部现存的模态信息保持不变，欲继续执行后续程序，重按操作面板上的“**循环启动**”键。

M00 为非模态后作用 M 功能。

(2) 程序暂停 M01

如果用户按亮操作面板上的“**选择停**”键。当 CNC 执行到 M01 指令时，将暂停执行当前程序，以方便操作者进行刀具和工件的尺寸测量、工件调头、手动变速等操作。暂停时，机床的进给停止，而全部现存的模态信息保持不变，欲继续执行后续程序，重按操作面板上的“**循环启动**”键。

如果用户没有按亮或按灭操作面板上的“**选择停**”键。当 CNC 执行到 M01 指令时，程序就不会暂停而继续往下执行。

M01 为非模态后作用 M 功能。

(3) 程序结束 M02

M02 编在主程序的最后一个程序段中。

当 CNC 执行到 M02 指令时，机床的主轴、进给、冷却液全部停止，加工结束。

使用 M02 的程序结束后，若要重新执行该程序，就得重新调用该程序，或在自动加工子菜单下，按 F4 键（请参考 HNC-21M 操作说明书），然后再按操作面板上的“**循环启动**”键。

M02 为非模态后作用 M 功能。。

(4) 程序结束并返回到零件程序头 M30

M30 和 M02 功能基本相同，只是 M30 指令还兼有控制返回到零件程序头(%)的作用。

使用 M30 的程序结束后，若要重新执行该程序，只需再次按操作面板上的“**循环启动**”键。

(5) 子程序调用 M98 及从程序返回 M99

M99 表示程序返回。

在子程序中调用 M99 使控制返回到主程序。

在主程序中调用 M99，则又返回程序的开头继续执行，且会一直反复执行下去，直到用户干预为止。

(i) 子程序的格式

%****　　；此行开头不能有空格

……

M99

在子程序开头，必须规定子程序号，以作为调用入口地址。在子程序的结尾用 M99，以控制执行完该子程序后返回主程序。

(ii) 调用子程序的格式

M98　P_ L_

P：被调用的子程序号

L：重复调用次数

注：可以带参数调用子程序，请参考 3.4.6。子程序开头不能有空格。

(6) 用户自定义输入 M90、用户自定义输出 M91

为方便用户根据 PLC 的执行动作来控制 G 代码的执行流程，系统提供 M90 指令（用户自定义输入）和系统变量#1190；同时，用户也可以通过 G 代码的执行流程来控制 PLC 的执行动作，系统提供 M91 指令（用户自定义输出）和系统变量#1191。这两个指令与 PLC 运行条件密切相关，必须与 PLC 配合使用才能完成。

示例如下：

(1)　当 PLC 输入信号 X0.4 有效（为高电平）时，才执行 G 代码中某段程序,否则执行另外一段代码。

PLC 源程序中的函数 PLC1 中应加入以下代码：

```
If(bit(X[0],4))
    *ch_user_in(0)=1;        //此值可根据需要自行赋值，即#1190=1
else
        *ch_user_in(0)=0;        //#1190=0
```

G 代码中的示例代码如下：

。。。

。。。

M90 //使用用户自定义输入，系统将根据 PLC 的执行动作取#1190 的值

If #1190 EQ 1 //PLC 输入信号 X0.4 有效时，执行此段程序

。。。

。。。

else //PLC 输入信号 X0.4 无效时，执行此段程序

。。。

。。。

endif

(1) 如果执行 G 代码段 1 后，PLC 输出信号 Y0.4 有效（为高电平），如果执行 G 代码段 2，输出信号 Y0.4 无效（为低电平）。

G 代码中的示例代码如下：

If

。。。

。。。

#1191=1 //代码段 1，此值可根据需要自行赋值

else

。。。

。。。

#1191=0 //代码段 2，此值可根据需要自行赋值

endif

M91 //用户自定义输出，系统将#1191 的值赋给 ***ch_user_out(0)**

PLC 源程序中的函数 PLC1 中应加入以下代码：

```
If(*ch_user_out(0)==1)   //   如果执行了代码段 1
        Y[0]|=0x10;    //即 Y0.4=1，输出信号 Y0.4 有效（为高电平）
else
    Y[0]&=~0x10;       //   如果执行了代码段 2，Y0.4=0
```

3.1.2 PLC 设定的辅助功能

(1) 主轴控制指令 M03、M04、M05

M03 启动主轴以程序中编制的主轴速度顺时针方向（从 Z 轴正向朝 Z 轴负向看）旋转。

M04 启动主轴以程序中编制的主轴速度逆时针方向旋转。

M05 使主轴停止旋转。

M03、M04 为模态前作用 M 功能；M05 为模态后作用 M 功能，M05 为缺省功能。

M03、M04、M05 可相互注销。

(2) 换刀指令 M06

M06 用于在加工中心上调用一个欲安装在主轴上的刀具。当执行该指令刀具将被自动地安装在主轴上。如：M06 T01；则 01 号刀将被安装到主轴上。

对于斗笠式刀库机床，其换刀过程如下（如将主轴上的 15 号刀换成 01 号刀，即执行 M06 T01 指令）：

1、主轴快移到固定的换刀位置（该位置已由调试人员设置完成）
2、主轴旋转定向
3、刀库旋转到该刀位置（即刀库表中的，0 组刀号位置 15）
4、气缸推动刀库，卡住主轴上刀具。
5、主轴上气缸松开刀具，吹气清理主轴。
6、主轴上移，并完全离开刀具。
7、刀库退回原位。
8、刀库旋转到将更换刀具的位置（即 01 号位置，此时刀库表中的，0 组刀号位置变为 01）
9、气缸推动刀库，到主轴下。
10、主轴向下移动，接住刀具。

11、主轴上气缸夹紧刀具

12、刀库退回原位。

13、主轴解除定向。

M06 为非模态后作用 M 功能。

(3) 冷却液打开、停止指令 M07、M08、M09

M07、M08 指令将打开冷却液管道。

M09 指令将关闭冷却液管道。

M07、M08 为模态前作用 M 功能；M09 为模态后作用 M 功能，M09 为缺省功能。

(4) 加工计件 M64

M64 指令将使系统加工统计中的工件完成数目累加。

3.2 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T

3.2.1 主轴功能 S

主轴功能 S 控制主轴转速，其后的数值表示主轴速度，单位为转/每分钟(r/min)。

S 是模态指令，S 功能只有在主轴速度可调节时有效。

3.2.2 进给速度 F

F 指令表示工件被加工时刀具相对于工件的合成进给速度，F 的单位取决于 G94(每分钟进给量 mm/min)或 G95(每转进给量 mm/r)。

使用下式可以实现每转进给量与每分钟进给量的转化。

$$fm=fr\times S$$

fm：每分钟的进给量：(mm/min)

fr：每转进给量：(mm/r)

S：主轴转数，(r/min)

当工作在 G01，G02 或 G03 方式下，编程的 F 一直有效，直到被新的 F 值所取代，而工作在 G00、G60 方式下，快速定位的速度是各轴的最高速度，与所编 F 无关。

借助操作面板上的倍率按键，F 可在一定范围内进行倍率修调。当执行攻丝循环 G74、G84，螺纹切削 G34 时，倍率开关失效，进给

倍率固定在 100％。

[注] 当使用每转进给量方式时，必须在主轴上安装一个位置编码器。

3.2.3 刀具功能(T 机能)

T 代码用于选刀，其后的数值表示选择的刀具号，T 代码与刀具的关系是由机床制造厂规定的。

在加工中心上执行 T 指令，刀库转动选择所需的刀具，然后等待，直到 M06 指令作用时自动完成换刀。

对于斗笠式刀库，要求 M06 指令和 T 指令写在同一程序段中。换刀时要注意刀库表中，0 组刀号（如是：15）为主轴上所夹持刀具在刀库中的位置号，该刀具在换其它刀具时，要将该刀具还给刀库中该位置（即 15 号位），此时刀库中该位置不得有刀具，否则将发生碰撞。刀库表中的刀具为系统自行管理，一般不得修改，开机时刀库中正对主轴的刀位（如是：15），应与刀库表中 0 组刀号相同（应为：15），且刀库上该位不得有刀具。

因此刀库上刀时，建议先将刀具安装在主轴上，然后在 MDI 模式下，运行 M 和 T 指令（如：M06 T01），通过主轴将刀具安装到刀库中。

3.3 准备功能 G 代码

准备功能 G 指令由 G 后一或二位数值组成，它用来规定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作。

华中世纪星 HNC-21M 数控装置 G 功能指令见表 3.2

表 3.2 准备功能一览表

G 代码	组	功能	参数（后续地址字）
G00	01	快速定位	X，Y，Z，4TH[注 1]
▶G01		直线插补	同上
G02		顺圆插补	X，Y，Z，I，J，K，R
G03		逆圆插补	同上
G04	00	暂停	P
G07	16	虚轴指定	X，Y，Z，4TH

G09	00	准停校验	
▶G17 G18 G19	02	XY 平面选择 ZX 平面选择 YZ 平面选择	X，Y X，Z Y，Z
G20 ▶G21 G22	08	英寸输入 毫米输入 脉冲当量	
G24 ▶G25	03	镜像开 镜像关	X，Y，Z，4TH
G28 G29	00	返回到参考点 由参考点返回	X，Y，Z，4TH 同上
G34	00	螺纹切削	K、F、P
▶G40 G41 G42	09	刀具半径补偿取消 左刀补 右刀补	 D D
G43 G44 ▶G49	10	刀具长度正向补偿 刀具长度负向补偿 刀具长度补偿取消	H H
▶G50 G51	04	缩放关 缩放开	 X，Y，Z，P
G53	00	直接机床坐标系编程	X，Y，Z，4TH
G54 G55 G56 G57 G58 G59	11	工件坐标系 1 选择 工件坐标系 2 选择 工件坐标系 3 选择 工件坐标系 4 选择 工件坐标系 5 选择 工件坐标系 6 选择	
G60	00	单方向定位	X，Y，Z，4TH
▶G61 G64	12	精确停止校验方式 连续方式	
G68	05	旋转变换	X，Y，Z，P

▶G69		旋转取消	
G73		深孔钻削循环	X，Y，Z，P，Q，R，I，J，K
G74		逆攻丝循环	同上
G76		精镗循环	同上
▶G80		固定循环取消	同上
G81		中心钻循环	同上
G82		带停顿钻孔循环	同上
G83	06	深孔钻循环	同上
G84		攻丝循环	同上
G85		镗孔循环	同上
G86		镗孔循环	同上
G87		反镗循环	同上
G88		镗孔循环	同上
G89		镗孔循环	同上
G70		圆周钻孔循环	
G71		圆弧钻孔循环	
G78		角度直线钻孔循环	
G79		棋盘钻孔循环	
▶G90	13	绝对值编程	
G91		增量值编程	
G92	00	工件坐标系设定	X，Y，Z，4TH
▶G94	14	每分钟进给	
G95		每转进给	
▶G98	15	固定循环返回起始点	
G99		固定循环返回到 R 点	

注意：

（1） 4TH 指的是 X、Y、Z 之外的第 4 轴，可用 A、B、C 等命名；

（2） 00 组中的 G 代码是非模态的，其它组的 G 代码是模态的；

（3） ▶标记者为缺省值。上电时将被初始化为该功能。

G 功能有非模态 G 功能和模态 G 功能之分。

- 非模态 G 功能：只在所规定的程序段中有效，程序段结束时被注销；

- 模态 G 功能：一组可相互注销的 G 功能，这些功能一旦被执行，则一直有效，直到被同一组的 G 功能注销为止。

模态 G 功能组中包含一个缺省 G 功能（表 1 中有▶标记者）， 没有共同参数的不同组 G 代码可以放在同一程序段中，而且与顺序无关。例如，G90、G17 可与 G01 放在同一程序段，但 G24、G68、G51 等不能与 G01 放在同一程序段。

3.3.1 有关单位的设定

(1) 尺寸单位选择 G20，G21，G22

格式： G20

G21

G22

说明：

G20：英制输入制式；

G21：公制输入制式；

G22：脉冲当量输入制式。

3 种制式下线性轴、旋转轴的尺寸单位如表 3.2 所示。

G20、G21、G22 为模态功能，可相互注销，G21 为缺省值。

表 3.3 尺寸输入制式及其单位

	线性轴	旋转轴
英制(G20)	英寸	度
公制(G21)	毫米	度
脉冲当量(G22)	移动轴脉冲当量	旋转轴脉冲当量

(2) 进给速度单位的设定 G94、G95

格式： G94 [F_]；

G95 [F_]；

说明：

G94：每分钟进给；

G95：每转进给。

G94 为每分钟进给。对于线性轴，F 的单位依 G20/G21/G22 的设定而为 in/min，mm/min 或脉冲当量/min；对于旋转轴，F 的单位为度/min 或脉冲当量/min。

G95 为每转进给，即主轴转一周时刀具的进给量。F 的单位依 G20/G21/G22 的设定而为 mm/r，in/r 或脉冲当量/r 。这个功能只在主轴装有编码器时才能使用。

G94、G95 为模态功能，可相互注销，G94 为缺省值。

3.3.2 有关坐标系和坐标的指令

(1) 绝对值编程 G90 与相对值编程 G91

格式： G90 或 G91

说明：

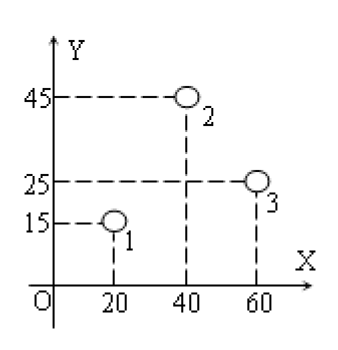
G90：绝对值编程，每个编程坐标轴上的编程值是相对于程序原点的。

G91：相对值编程，每个编程坐标轴上的编程值是相对于前一位置而言的，该值等于沿轴移动的距离。

G90、G91 为模态功能，可相互注销，G90 为缺省值。

G90、G91 可用于同一程序段中，但要注意其顺序所造成的差异。

例 1．如图 3.3.1 所示，使用 G90、G91 编程：要求刀具由原点按顺序移动到 1、2、3 点。



G90 编程	*G91 编程*
%0001	*%0001*
M03 S500	*M03 S500*
N01 G92 X0 Y0 Z10	*N01 G92 X0 Y0 Z10*
N02 G01 X20 Y15	*N02 G91 G01 X20 Y15*
N03 X40 Y45	*N03 X20 Y30*
N04 X60 Y25	*N04 X20 Y-20*
N05 X0 Y0 Z10	*N05 G90 X0 Y0*

图 3.3.1 G90/G91 编程

选择合适的编程方式可使编程简化。当图纸尺寸由一个固定基准给定时，采用绝对方式编程较为方便；而当图纸尺寸是以轮廓顶点之间的间距给出时，采用相对方式编程较为方便。

(2) 坐标系设定 G92

格式：G92 X_Y_Z_A _

说明：

X、*Y*、*Z*、*A*：设定的坐标系原点到刀具起点的有向距离(注意：HNC –21M的最大联动轴数为4。本书中，假设第四轴用 *A* 表示)。

当系统执行 G92 XαYβZɣ程序段时，系统可设定一个坐标系，此时刀具的刀位点在该坐标系下的坐标值为 XαYβZɣ。而刀位点在机床坐标系下的坐标值系统总是知道的，故系统可确定该坐标系与机床坐标系的位置关系。

刀具无论在什么地方，执行 G92XαYβZɣ程序段，均可设定一个系统知道的坐标系，并控制刀具刀位点在该坐标系下按程序轨迹进行加工，故我们称 G92 指令设定的坐标系为加工坐标系（数控系统设定加工坐标系的指令还有 G54~G59 指令）。

但要想正确地实现工件加工，必须使 G92 设定的加工坐标系，与编程时在工件上设定的工件坐标系重合。实现重合的前提是：当系统执行 G92 XαYβZɣ程序段时，刀具的刀位点在工件坐标系下的坐标值正好为 XαYβZɣ，而此时刀具的刀位点在加工坐标系下的坐标值也为 XαYβZɣ，加工原点与编程原点重合。这样系统才能按编程时设计的工艺思路加工。事实上系统只知道加工坐标系的位置，总不知道工件坐标系、工件的位置，只有当加工坐标系与工件坐标系重合，才间接知道工件坐标系、工件的位置。

正确加工的前提是：在执行 G92XαYβZɣ程序段时，刀具的刀位点正好在工件坐标系的 XαYβZɣ的位置。要满足该前提条件，只有通过对刀操作，由操作者找到工件坐标系下的该位置（由于工件安装时，受工艺因素或人为因素的影响，工件的位置是随机的，任何系统都要进行对刀操作）。

综上可知，G92 指令的作用是：将操作者知道的工件坐标系位置，通过 G92 指令的过渡，使数控装置知道。而正确过渡是有前提的。

G92 指令通过设定刀具起点（对刀点）与坐标系原点的相对位置建立工件坐标系。工件坐标系一旦建立，绝对值编程时的指令值就是在此坐标系中的坐标值。

注：

执行此程序段只建立工件坐标系，刀具并不产生运动。

G92 指令为非模态指令，一般放在一个零件程序的第一段。

例 2．使用 G92 编程，建立如图 3.3.2 所示的工件坐标系。

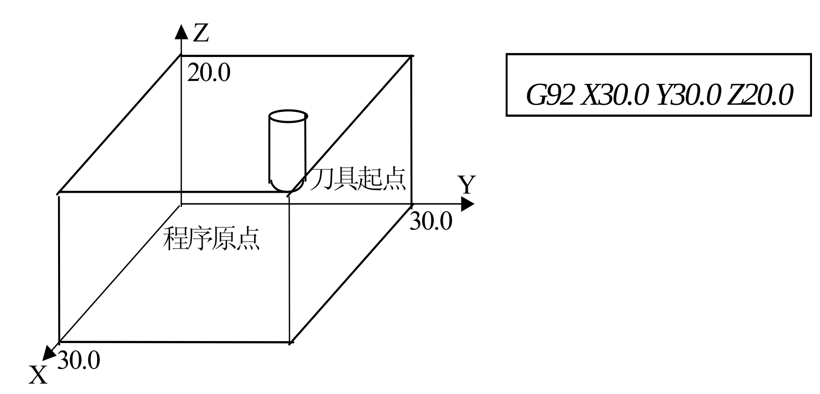


图 3.3.2　工件坐标系的建立

(3) 工件坐标系选择 G54~G59

格式： G54、G55、G56、G57、G58、G59

说明：

G54~G59 是系统预定的 6 个工件坐标系(如图 3.3.3)，可根据需要任意选用。这 6 个预定工件坐标系的原点在机床坐标系中的值(工件零点偏置值)可用 MDI 方式输入，系统自动记忆。

工件坐标系一旦选定，后续程序段中绝对值编程时的指令值均为相对此工件坐标系原点的值。

G54~G59 为模态功能，可相互注销，G54 为缺省值。

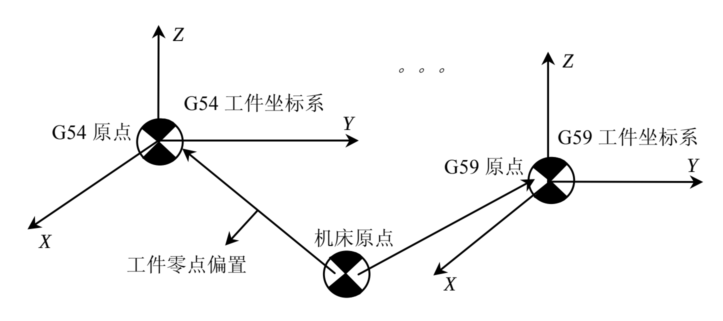


图 3.3.3 工件坐标系选择(G54~G59)

例 3．如图 3.3.4 所示，使用工件坐标系编程：要求刀具从当前点移动到 G54 坐标系下的 A 点，再移动到 G59 坐标系下的 B 点，然

后移动到 G54 坐标系零点 O_1 点。

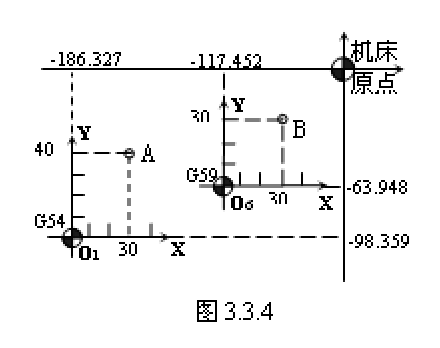


图 3.3.4

```
%1000（当前点→A→B→O1）
N01 G54 G00 G90 X30 Y40
N02 G59
N03 G00 X30 Y30
N04 G54
N05 X0 Y0
N06 M30
```

注意：

使用该组指令前，先用 MDI 方式输入各坐标系的坐标原点在机床坐标系中的坐标值（G54 寄存器中 X、Y 分别存为-186.327、-98.359；G59 寄存器中 X、Y 分别存为-117.452、-63.948）。该值是通过对刀得到的，其值受编程原点和工件安装位置影响。

(4) 直接机床坐标系编程 G53

格式：G53

说明：

G53 是机床坐标系编程，在含有 G53 的程序段中，绝对值编程时的指令值是在机床坐标系中的坐标值。

G53 指令为非模态指令。

(5) 坐标平面选择 G17，G18，G19

格式： G17、G18、G19

说明：　G17：选择 *XY* 平面；

　G18：选择 *ZX* 平面；

　G19：选择 *YZ* 平面。

该组指令选择进行圆弧插补和刀具半径补偿的平面。

G17、G18、G19 为模态功能，可相互注销，G17 为缺省值。

注意：

移动指令与平面选择无关。例如指令 G17 G01 Z10 时，*Z* 轴照样会移动。

(6) 坐标系和刀具偏移量的改变（可编程数据输入）G10

格式：**G10 P__X__Y__Z__**

说明：

P：指定的自动坐标系，取值范围为 54~59。例如希望修改自动坐标系 G54 的坐标值，那么指定参数为 54。

X，Y，Z：坐标偏移量。用于指定需要在当前用户坐标系上所需要的偏移量。

当使用 G90 时，坐标系设定值即为当前坐标系值。

当使用 G91 时，坐标系设定值是以增量方式累加到当前坐标系上。也可以出现在指令中间设置某个参数，例如

G10 P54 G90 X40 Y10 Z10

G10 P54 G90 X40 G91 Y10 Z10

注意：该指令为非模态指令；

该指令无法改变 G92 坐标系的值；

3.3.3 进给控制指令

(1) 快速定位 G00

格式：G00　X_Y_Z_A_

说明： *X*、*Y*、*Z*、*A*：快速定位终点，

G90 时为终点在工件坐标系中的坐标；

G91 时为终点相对于起点的位移量。

G00 指令刀具相对于工件以各轴预先设定的速度，从当前位置快速移动到程序段指令的定位目标点。

G00 指令中的快移速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别设定，不能用 F__规定。

G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。

快移速度可由面板上的快速修调旋钮修正。

G00 为模态功能，可由 G01、G02、G03 或 G34 功能注销。

注意：

在执行 G00 指令时，由于各轴以各自速度移动，不能保证各轴同时到达终点，因而联动直线轴的合成轨迹不一定是直线。操作者必须格外小心，以免刀具与工件发生碰撞。常见的做法是，将 Z 轴移动到安全高度，再放心地执行 G00 指令。

例 4. 如图 3.3.6 所示，使用 G00 编程：要求刀具从 A 点快速定位到 B 点。

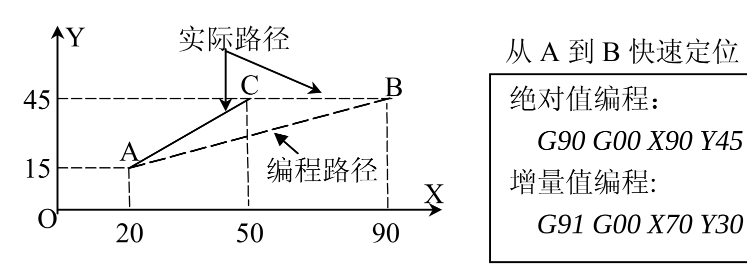


图 3.3.6　G00 编程

当 X 轴和 Y 轴的快进速度相同时，从 A 点到 B 点的快速定位路线为 A→C→B，即以折线的方式到达 B 点，而不是以直线方式从 A→B。

(2) 单方向定位 G60

格式：G60　X_Y_Z_A_

说明：

X、*Y*、*Z*、*A*：单向定位终点，在 G90 时为终点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为终点相对于起点的位移量。

G60 单方向定位过程：各轴先以 G00 速度快速定位到一中间点，然后以一固定速度移动到定位终点。

各轴的定位方向(从中间点到定位终点的方向)以及中间点与定位终点的距离由机床参数“单向定位偏移值”设定。当该参数值<0 时，定位方向为负，当该参数值>0 时，定位方向为正。

G60 指令仅在其被规定的程序段中有效。

(3) 线性进给 G01

格式： G01 X _Y_Z_A_F_；

说明：

X、*Y*、*Z*、*A*：线性进给终点，在 G90 时为终点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为终点相对于起点的位移量；

*F*_： 合成进给速度。

G01 指令刀具以联动的方式，按 F 规定的合成进给速度，从当前位置按线性路线(联动直线轴的合成轨迹为直线)移动到程序段指令的终点。

G01 是模态代码，可由 G00、G02、G03 或 G34 功能注销。

例 5．如图 3.3.7 所示，使用 G01 编程：要求从 A 点线性进给到 B 点（此时的进给路线是从 A→B 的直线）。

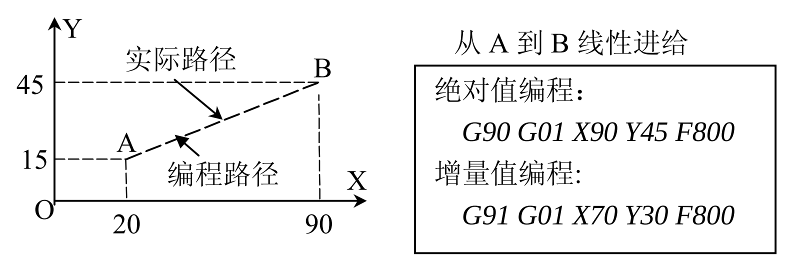


图 3.3.7 G01 编程

例 6:用 Φ8 键槽立铣刀加工 3mm 深矩形槽

```
%3308（工件零点在 A 处）
N1 G92 X0 Y0 Z50
N2 M03 S500
N3 G00 X-31 Y-26
N4 Z5
N5 G01 Z-3 F40
N6 Y26 F100
N7 X31
N8 Y-26
N9 X-31
N10 G00 Z50
N11 X0 Y0
N12 M05
N13 M30

%3309（工件零点在 B 处）
N1 G92 X0 Y0 Z50
N2 M03 S500
N3 G00 X19 Y14
N4 Z5
```

```
N5 G01 Z-3 F40
N6 Y66 F100
N7 X81
N8 Y14
N9 X19
N10 G00 Z50
N11 X0 Y0
N12 M05
N13 M30
```

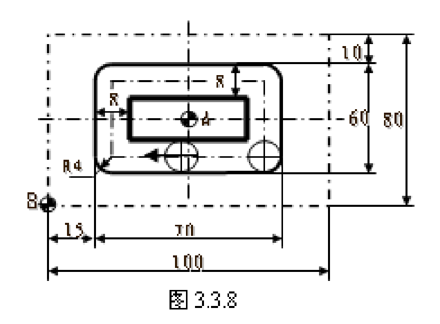


图 3.3.8

(4) 圆弧进给 G02/G03

格式：$$G17\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Y_\begin{Bmatrix}I_J_\\R_\end{Bmatrix}F_$$

$$G18\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Z_\begin{Bmatrix}I_K_\\R_\end{Bmatrix}F_$$

$$G19\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}Y_Z_\begin{Bmatrix}J_K_\\R_\end{Bmatrix}F_$$

说明：

G02： 顺时针圆弧插补(如图 3.3.10 所示)；

G03： 逆时针圆弧插补(如图 3.3.10 所示)；

G17： *XY* 平面的圆弧；

G18： *ZX* 平面的圆弧；

G19： *YZ* 平面的圆弧。

X, Y, Z：G90 时为圆弧终点在工件坐标系中的坐标；

G91 时为圆弧终点相对于圆弧起点的位移量。

I, J, K： 圆心相对于圆弧起点的有向距离。（见图 3.3.11）

无论绝对或增量编程时都是以增量方式指定；

整圆编程时不可以使用 *R*，只能用 *I*、*J*，*K*。

R： 圆弧半径。

当圆弧圆心角小于 180° 为劣弧时，R 为正值；

当圆弧圆心角大于 180° 为优弧时，R 为负值。

F:　　被编程的两个轴的合成进给速度。

注：不是整圆编程时，定义 R 方式与定义 I、J、K 方式只需选择一种。当两种方式都定义，以 R 方式有效。

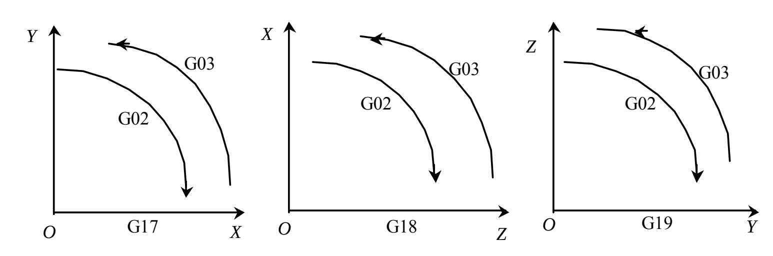


图 3.3.10 不同平面的 G02 与 G03 选择

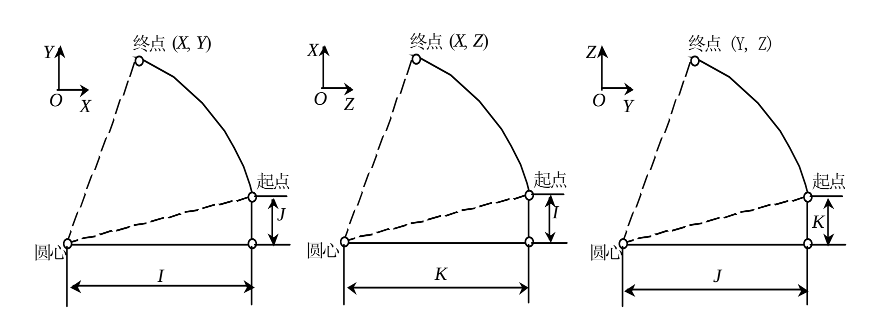


图3.3.11 *I*、*J*、*K* 的选择

例 6 使用 G02 对图 3.3.12 所示劣弧 a 和优弧 b 编程。

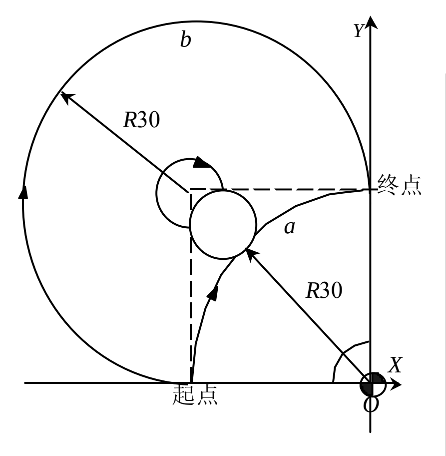
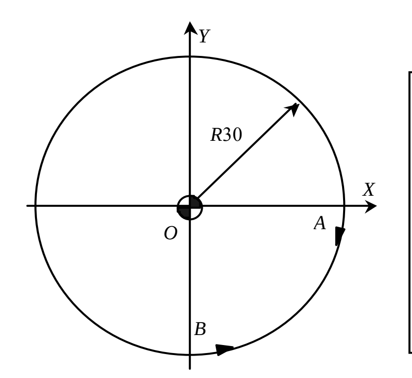


图 3.3.12 圆弧编程

圆弧编程的 4 种方法组合

(i) 圆弧 *a*
G91 G02 X30 Y30 R30 F300
G91 G02 X30 Y30 I30 J0 F300
G90 G02 X0 Y30 R30 F300
G90 G02 X0 Y30 I30 J0 F300
(ii) 圆弧 *b*
G91 G02 X30 Y30 R–30 F300
G91 G02 X30 Y30 I0 J30 F300
G90 G02 X0 Y30 R–30 F300
G90 G02 X0 Y30 I0 J30 F300

例 7 使用 G02/G03 对图 3.3.13 所示的整圆编程。



i）从 *A* 点顺时针一周时
G90 G02 X30 Y0 I–30 J0 F300
G91 G02 X0 Y0 I–30 J0 F300
(ii) 从 *B* 点逆时针一周时
G90 G03 X0 Y–30 I0 J30 F300
G91 G03 X0 Y0 I0 J30 F300

图 3.3.13　整圆编程

例 8. 见图 3.3.14，用Φ8 的刀具，沿双点画线加工深 3mm 的凹槽。

```
%3314
N1 G92 X0 Y0 Z50
N2 M03 S500
N3 G00 X10 Y30
N4 Z5
N5 G01 Z-3 F40
N6 X30
N7 G02 X38.66 Y25 R10
(N7 G02 X38.66 Y25 J-10)
N8 G01 X47.32 Y10
N9 G02 X30 Y-20 R20
(N9 G02 X30 Y-20 J-10 I-17.32)
N10 G01 X0
N11 G02 X0 Y20 R20
(N11 G02 X0 Y20 J20)
N12 G03 X10 Y30 R10
(N13 G03 X10 Y30 J10)
N14 G00 Z50
N15 X0 Y0
N16 M30
```

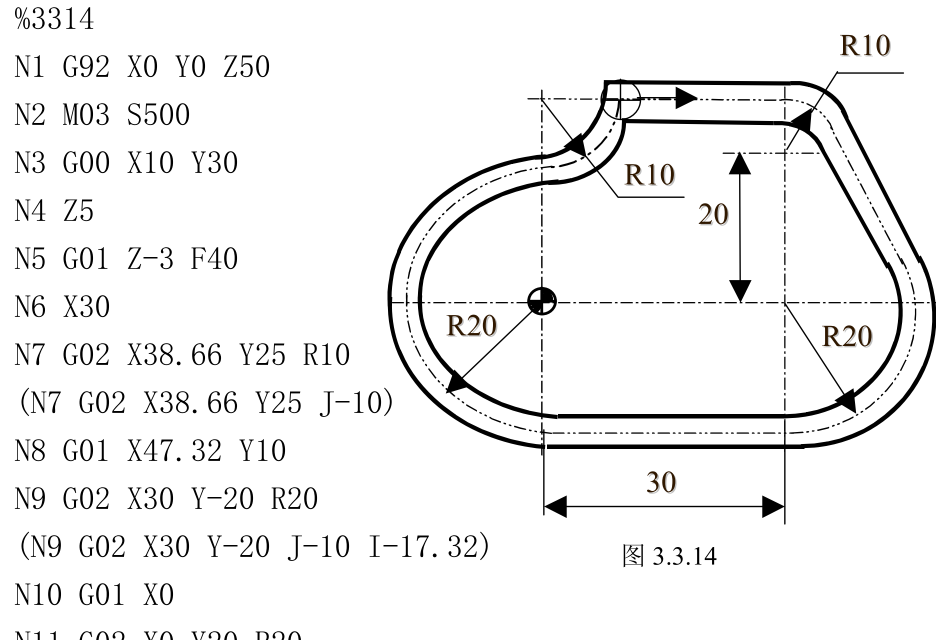


图 3.3.14

例 9. 见图 3.3.15，用Φ8 的刀具，沿双点画线加工深 3mm 的凹槽

```
%3315
N1 G92 X0 Y0 Z50
N2 M03 S500
N3 G00 X-25 Y-8.66
N4 Z5
N5 G01 Z-3 F40
N6 G02 X-25 Y8.66 R10
N7 G01 X-10 Y17.32
N8 G02 X-10 Y-17.32 R-20
N9 G01 X-25 Y-8.66
N10 G00 Z50
N11 X0 Y0
N12 M05
N13 M30
```

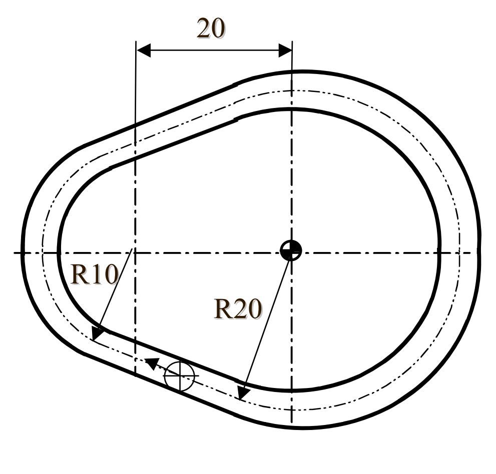


图 3.3.15

(5) 螺旋线进给 G02/G03

格式：$G17\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Y_\begin{Bmatrix}I_J_\\R_\end{Bmatrix}Z_F_L$

$G18\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}X_Z_\begin{Bmatrix}I_K_\\R_\end{Bmatrix}Y_F_L$

$G19\begin{Bmatrix}G02\\G03\end{Bmatrix}Y_Z_\begin{Bmatrix}J_K_\\R_\end{Bmatrix}X_F_L$

说明：

螺旋线分别投影到 G17/G18/G19 二维坐标平面内的圆弧终点，意义同圆弧进给，螺旋线在第 3 坐标轴上的投影距离。（旋转角小于或等于 360º 范围内）

I、J、K、R：意义同圆弧进给。

L ：螺旋线圈数（第 3 坐标轴上投影距离为增量值时有效）

例 10 使用 G03 对图 3.3.16 所示的的螺旋线编程。

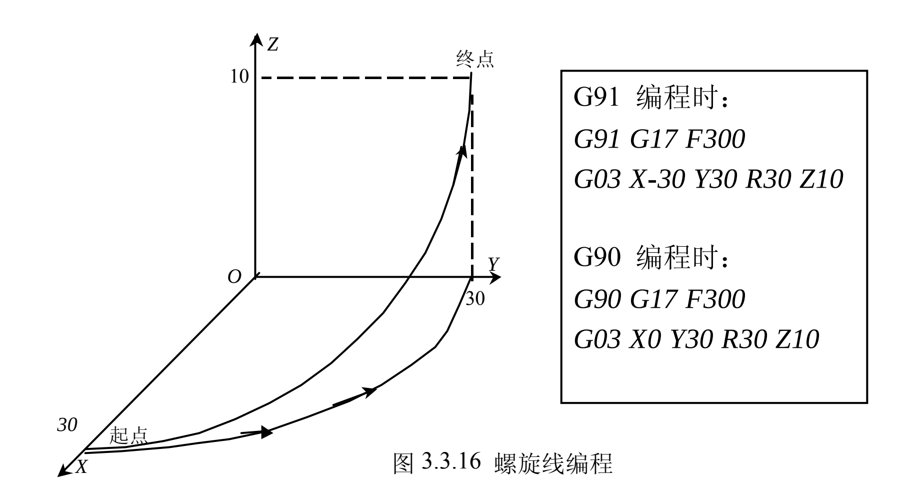


图 3.3.16 螺旋线编程

例 11. 见图 3.3.17，用Φ10mm 的键槽刀加工直径 50 的孔，工件高 10mm。

```
%3317
N1 G92 X0 Y0 Z30
N2 G01 Z11 X20 F200
N3 G91 G03 I-20 Z-1 L11
N4 G03 I-20
N5 G90 G01 X0
N6 G00 Z30
N7 X30 Y-50
N8 M30
```

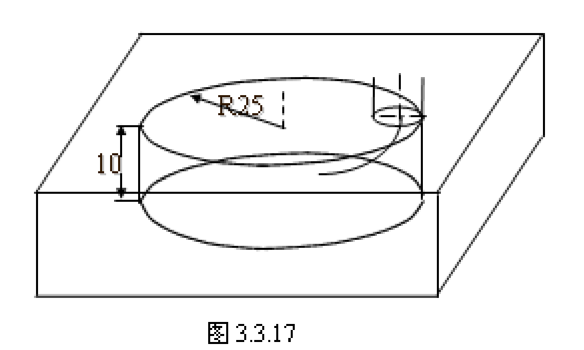


图 3.3.17

(6) 虚轴指定 G07 及正弦线插补

格式：G07 X_Y_Z_A_错误！未指定书签。错误！未指定书签。

说明：

X、*Y*、*Z*、*A*：被指令轴后跟数字 0，则该轴为虚轴，后跟数字 1，则该轴为实轴。

G07 为虚轴指定和取消指令。G07 为模态指令。

若一轴为虚轴，则此轴只参加计算，不运动。虚轴仅对自动操作有效，对手动操作无效。

用 G07 可进行正弦曲线插补，即在螺旋线插补前，将参加圆弧插补的某一轴指定为虚轴，则螺旋线插补变为正弦线插补。

例 12：使用 G03 对图 3.3.18 所示的正弦线编程。

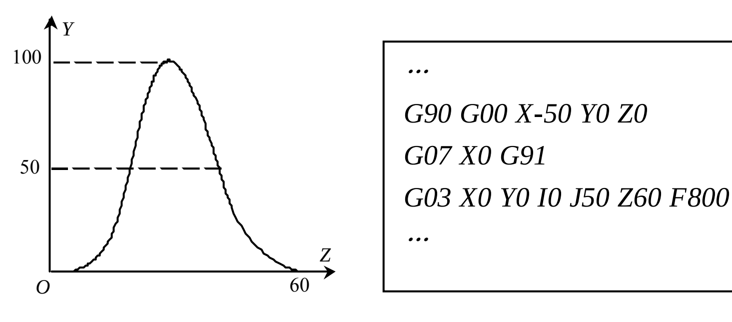


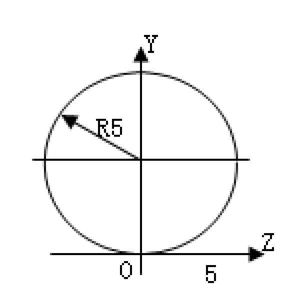
图 3.3.18 正弦线插补编程

例 13. 图 3.3.19 所示，关于 x － y 平面上的单周期正弦曲线插补，Z 轴为虚轴。

Z×Z+Y×Y = R×R （R：圆弧半径）

Y=R SIN（2π×X /L） （L：单周期 Z 轴移动量）

```
%3319
N01  G92 X0 Y0 Z0
N02  G07 Z0
N03 G19 G90 G03 Y.0 Z0 J5 K0 X20.0 F100
N04  G07 Z1
N05  M30
```



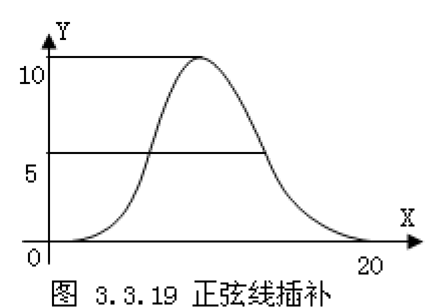


图 3.3.19 正弦线插补

(7) 攻丝指令 G34

格式：G34 K__F__P

说明：

K：螺纹加工深度，为增量值，即螺纹加工终点相对与加工起点的增量值。

F：螺纹螺距。

F 取正，则主轴正转攻丝； F 取负，则主轴反转攻丝。

P：孔底停顿时间。单位秒。

G34：为 00 组的非模态指令。

注意：

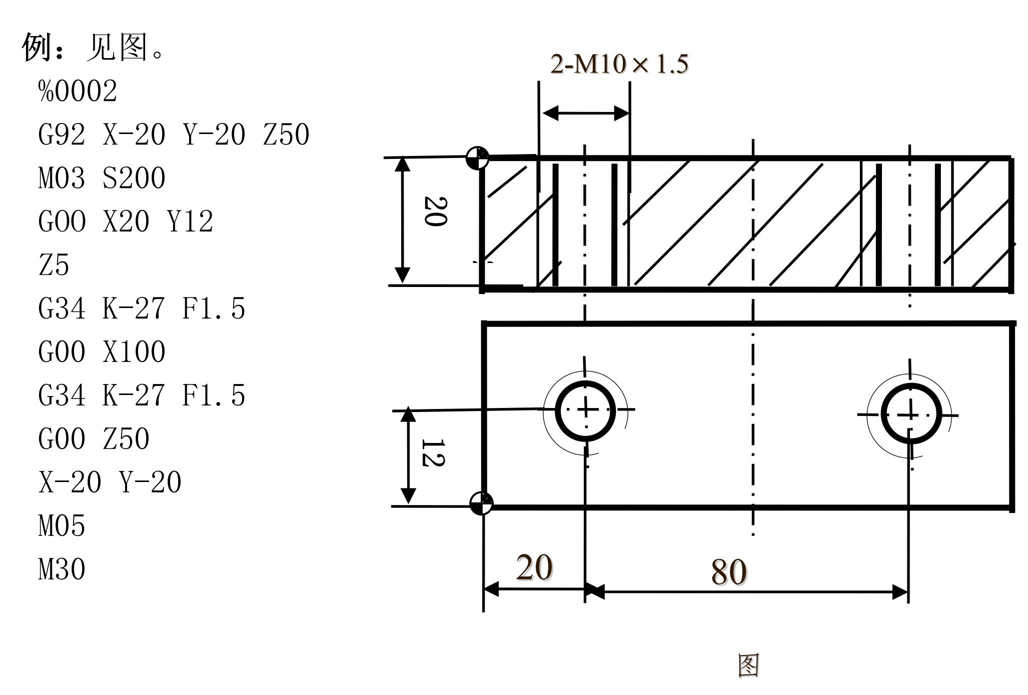
1、攻正旋螺纹时，F 取正：主轴正转攻丝，到孔底后，主

轴停止并延时，主轴反转退出，主轴恢复攻丝前状态。

2、攻反旋螺纹时，F 取负：主轴反转攻丝，到孔底后，主轴停止并延时，主轴正转退出，主轴恢复攻丝前状态。

例：见图。

```
%0002
G92 X-20 Y-20 Z50
M03 S200
G00 X20 Y12
Z5
G34 K-27 F1.5
G00 X100
G34 K-27 F1.5
G00 Z50
X-20 Y-20
M05
M30
```



图

攻丝过程往往会有过冲现象，这时可以通过调节 **PMC** 参数“预停量分子”来减少过冲量，预停量的大小是通过 **PLC** 实时计算的。

假设主轴转速为 S，主轴当前档位传动比为 C，过冲量为 L，螺纹导程为 F，预停量为 D，预停量分子为 X，具体公式如下：

$$D = (S * S / C) * X / 10000 = L * 360 / F$$

注：传动比只需要计算一次。

由上公式可知，在已知主轴转速 S、传动比 C、螺纹导程 F 的情况下，根据过冲量 L 就可以计算出预停量分子 X。

当“攻丝预停调节分子”为 0 时，“攻丝预停调节临时分子”生效，且“攻丝预停调节临时分子”可以修改后立即生效，不需要断电重启系统。

为了避免加工中的意外，还提供了攻丝时的主轴最小速度和最大速度两个**PMC**参数。

参数具体修改步骤如下：

⑴ 世纪星18/19i系统：

PMC 用户参数 #0062　　攻丝主轴允许最高速度

PMC 用户参数 #0063　　攻丝主轴允许最低速度

PMC 用户参数 #0064　　攻丝预停调节分子

PMC 用户参数 #0065　　攻丝预停调节临时分子

⑵ 世纪星**21/22**系统：

PMC 用户参数 #0017　攻丝主轴允许最高速度

PMC 用户参数 #0018　　攻丝主轴允许最低速度

PMC 用户参数 #0019　　攻丝预停调节分子

断电保存B寄存器 #0030　　攻丝预停调节临时分子

3. 3.4 回参考点控制指令

(1) 自动返回参考点 G28

格式：G28 X_Y_Z_A_

说明： *X*、*Y*、*Z*、*A*：回参考点时经过的中间点（非参考点），在 G90 时为中间点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为中间点相对于起点的位移量。

G28 指令首先使所有的编程轴都快速定位到中间点，然后再从中间点返回到参考点。

一般，G28 指令用于刀具自动更换或者消除机械误差，在执行该指令之前应取消刀具半径补偿和刀具长度补偿。

在 G28 的程序段中不仅产生坐标轴移动指令，而且记忆了中间点坐标值，以供 G29 使用。

电源接通后，在没有手动返回参考点的状态下，指定 G28 时，从中间点自动返回参考点，与手动返回参考点相同。这时从中间点到参考点的方向就是机床参数“回参考点方向”设定的方向。

G28 指令仅在其被规定的程序段中有效。

(2) 自动从参考点返回 G29

格式：G29 X _Y_Z_A_

说明：

X、*Y*、*Z*、*A*：返回的定位终点，在 G90 时为定位终点在工件坐标

系中的坐标；在 G91 时为定位终点相对于 G28 中间点的位移量。

G29 可使所有编程轴以快速进给经过由 G28 指令定义的中间点，然后再到达指定点。通常该指令紧跟在 G28 指令之后。

G29 指令仅在其被规定的程序段中有效。

例 14：用 G28、G29 对图 3.3.20 所示的路径编程：要求由 A 经过中间点 B 并返回参考点，然后从参考点经由中间点 B 返回到 C，并在 C 点换刀。

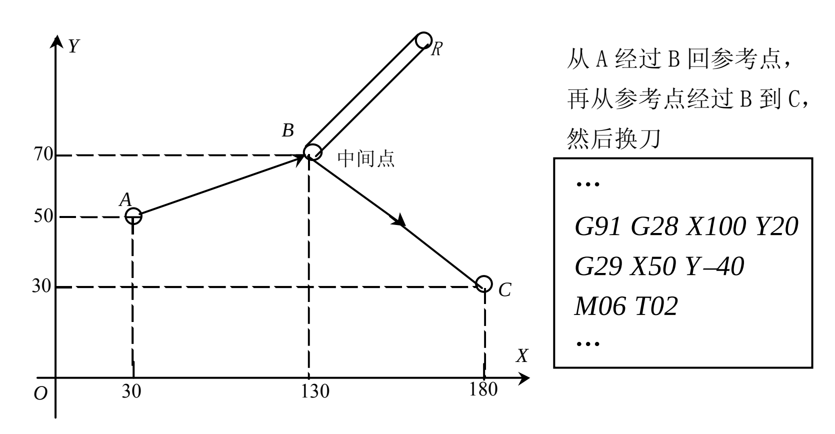


图 3.3.20 G28/G29 编程

本例表明，编程员不必计算从中间点到参考点的实际距离。

3.3.5 刀具补偿功能指令

(1) 刀具半径补偿 G40，G41，G42

格式： $\begin{Bmatrix} G17 \\ G18 \\ G19 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} G40 \\ G41 \\ G42 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} G00 \\ G01 \end{Bmatrix}$ X-_Y_ Z_D_

说明： G40：取消刀具半径补偿；

G41：左刀补(在刀具前进方向左侧补偿)，如图 3.3.21(a)；

G42：右刀补(在刀具前进方向右侧补偿)，如图 3.3.21(b)；

G17：刀具半径补偿平面为 *XY* 平面；

G18：刀具半径补偿平面为 *ZX* 平面；

G19：刀具半径补偿平面为 *YZ* 平面；

X, Y, Z：G00/G01 的参数，即刀补建立或取消的终点（注：投影到补偿平面上的刀具轨迹受到补偿)；

D：方式一：刀补表中刀补号码(D00~D99)，它代表了刀补表中对应的半径补偿值。

方式二：#100~#199 全局变量定义的半径补偿量。（见例 17 凸模）

G40、G41、G42 都是模态代码，可相互注销。

注意：

(1)刀具半径补偿平面的切换必须在补偿取消方式下进行；

(2)刀具半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令，不得是 G02 或 G03

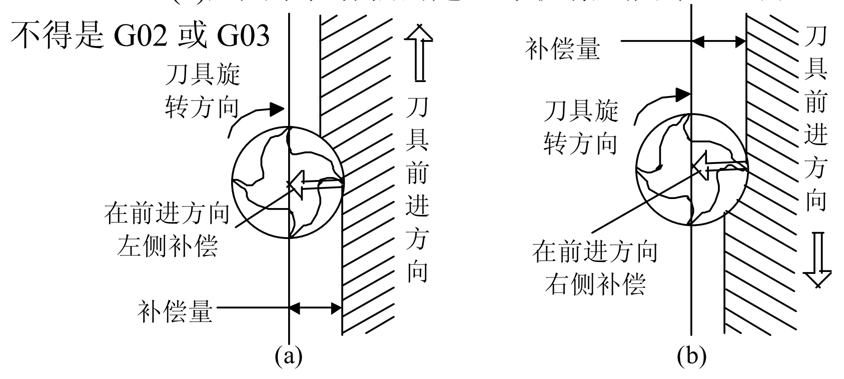


图 3.3.21 刀具补偿方向

(a)左刀补 (b)右刀补

例 15：考虑刀具半径补偿，编制图 3.3.22 所示零件的加工程序：要求建立如图所示的工件坐标系，按箭头所指示的路径进行加工，设加工开始时刀具距离工件上表面 50mm，切削深度为 10mm。

```
%3322
G92 X–10 Y–10 Z50
G90 G17
G42 G00 X4 Y10 D01
Z2 M03 S900
G01 Z-10 F800
X30
G03 X40 Y20 I0 J10
G02 X30 Y30 I0 J10
G01 X10 Y20
Y5
```

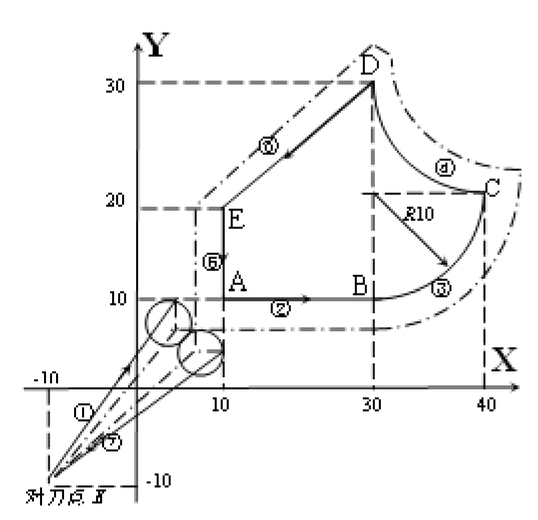


图 3.3.22 刀具半径补偿编程

G00 Z50 M05
G40 X–10 Y–10
M02

注意：图中带箭头的实线为编程轮廓，不带箭头的虚线为刀具中心的实际路线。

例 16. 见图 3.3.23，用Φ8 的刀具，沿轮廓加工高度为 3mm 的凸模

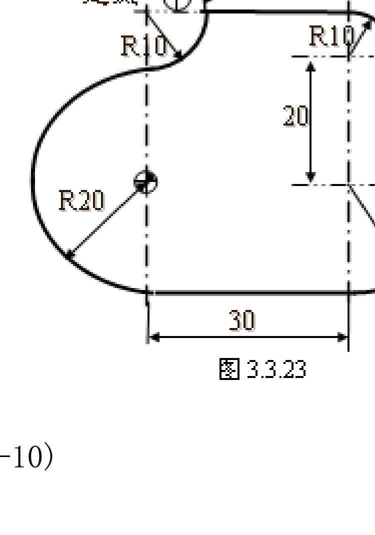


图 3.3.23

```
%3323
N1 G92 X-40 Y50 Z50
N2 M03 S500
N4 G01 Z-3 F400
N5 G01 G41 X5 Y30 D01 F40
N6 X30
N7 G02 X38.66 Y25 R10
(N7 G02 X38.66 Y25 J-10)
N8 G01 X47.32 Y10
N9 G02 X30 Y-20 R20
(N9 G02 X30 Y-20 I-17.32 J-10)
N10 G01 X0
N11 G02 X0 Y20 R20
(N11 G02 X0 Y20 J20)
N12 G03 Y40 R10
(N12 G03 Y40 J10)
N13 G00 G90 G40 X-40 Y50
N14 G00 Z50
N15 M30
```

例 17. 见图 3.3.24，用Φ8 的刀具，沿轮廓加工高度为 3mm 的凸模和凹模。

```
%3322（凹模）
N1 G92 X-10 Y-10 Z50
N2 M03 S500
N3 Z5
```

```
N4 G00 X25 Y20
N5 G01 Z-3 F40
N6 G41 Y30 D01 f100
N7 G03 Y10 R10
N8 G01 X75
N9 G03 X85 Y20 R10
N10 G01 Y60
N11 G03 X75 Y70 R10
N12 G01 X25
N13 G03 X15 Y60 R10
N14 G01 Y20
N15 G03 X23 Y12 R8
N16 G01 Z10
N17 G00 G40 X25 Y20
N18 G0 Z50
N19 M30
```

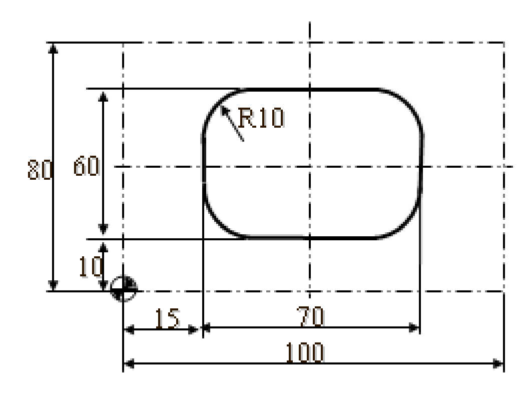


图 3.3.24

```
N6 G41 X15 D101 F100
N7 Y60
N8 G02 X25 Y70 R10
N9 G01 X75
N10 G02 X85 Y60 R10
N11 G01 Y20
N12 G02 X75 Y10 R10
N13 G01 X25
N14 G02 X15 Y20 R10
N15 G01 Z10
N16 G00 G40 X0 Y0
N17 G0 Z50
N18 M30
```

(2) 刀具长度补偿 G43，G44，G49

格式： $\begin{Bmatrix} G17 \\ G18 \\ G19 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} G43 \\ G44 \\ G49 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} G00 \\ G01 \end{Bmatrix}$ X-_Y_Z_H_

说明：

G17：刀具长度补偿轴为 *Z* 轴；

G18：刀具长度补偿轴为 *Y* 轴；

G19：刀具长度补偿轴为 *X* 轴；

G49：取消刀具长度补偿；

G43：正向偏置(补偿轴终点加上偏置值)；

G44：负向偏置(补偿轴终点减去偏置值)；

X, Y, Z：G00/G01 的参数，即刀补建立或取消的终点；

H：G43/G44 的参数，即刀具长度补偿偏置号(H00~H99)，它代表了刀补表中对应的长度补偿值。

G43、G44、G49 都是模态代码，可相互注销。

例 18：考虑刀具长度补偿，编制如图 3.3.25 所示零件的加工程序：要求建立如图所示的工件坐标系，按箭头所指示的路径进行加工。

```
%3325
G92 X0 Y0 Z0
G91 G00 X120 Y80 M03 S600
G43 Z-32 H01
G01 Z-21 F300
G04 P2
G00 Z21
X30 Y-50
G01 Z-41
G00 Z41
X50 Y30
G01 Z-25
G04 P2
G00 G49 Z57
X-200 Y-60 M05 M30
```

注意：

(1) 垂直于 G17/G18/G19 所选平面的轴受到长度补偿；

(2) 偏置号改变时，新的偏置值并不加到旧偏置值上，例如：

设 H01 的偏置值为 20，H02 的偏置值为 30，则

G90 G43 Z100 H01　　；*Z* 将达到 120

G90 G43 Z100 H02　　；*Z* 将达到 130

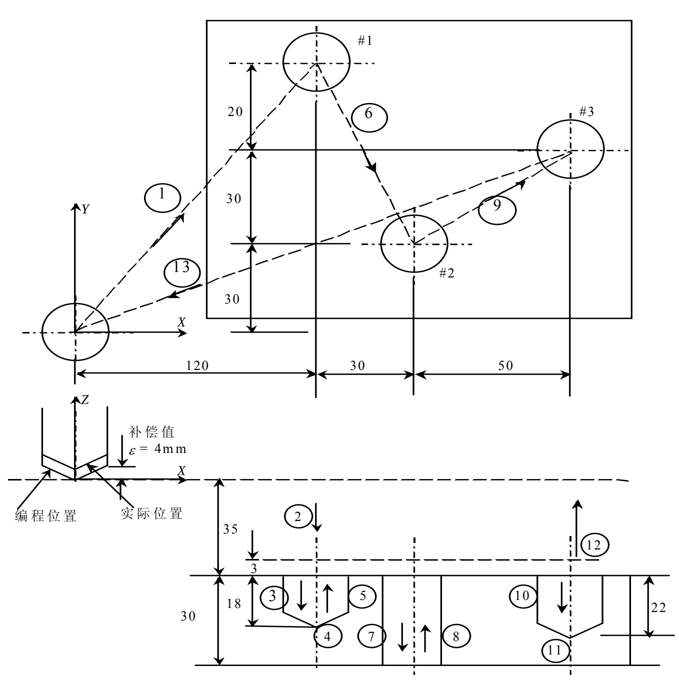


图 3.3.25 刀具长度补偿加工

(3) RTCP 刀具长度补偿功能

在五坐标数控机床加工时，刀具会相对工件做旋转运动，为使刀具中心点沿编程轨迹运动，需要以刀具中心点为基准，根据刀具的长度矢量，对刀具的控制点位置进行自动补偿。此功能一般称为 RTCP(Rotation Tool Center Point Programming)。

如图 3.3.26 所示：

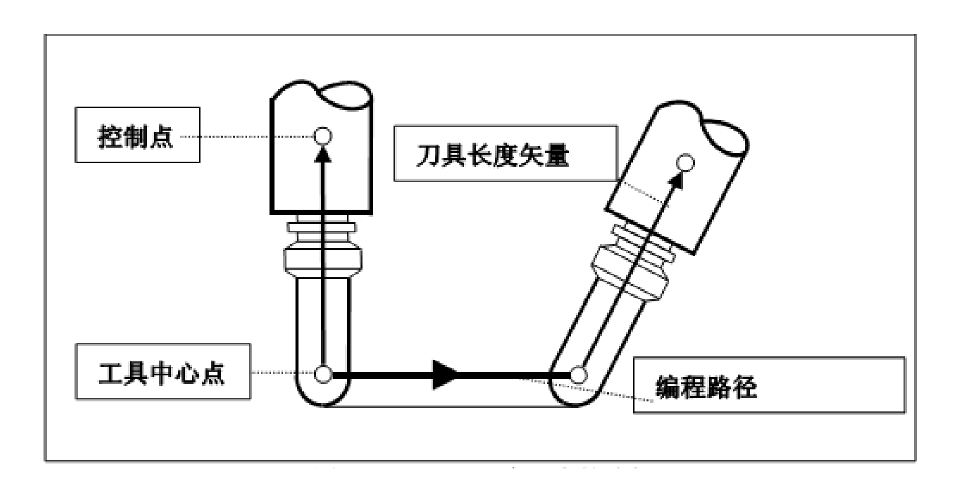


图 3.3.26 刀具中心点编程原理

使用本功能后，可以在 x、y、z 三个正交轴之外，在具有刀具旋转的机床中，一边改变刀具的姿势，一边补偿刀具长度而进行加工，刀具对工件的方向即使改变，仍然沿着刀具中心点所指定的路径移动。

在刀具中心点控制中可以使用的指令有：直线插补 G01、快速定位 G00、圆弧插补 G02/G03

该功能的实现使得在 CAM 编程时，可以直接使用刀具中心进行编程，而不需考虑转轴中心，转轴中心独立于编程，可在是在执行程序前由显示终端输入。同时，也无须为了更改刀具长度而重新定位程序。

该功能的使用格式与方法与三轴铣床系统的 G43，G44，G49 的长度补偿指令及刀具长度参数设置接口一致。

3.3.6 极坐标指令 G38

格式：G38 X_ Y_

G01 AP=_ RP=_

或 G02(G03) AP=_ RP=_ R_

说明： G38：极坐标有效，定义极点。

X、Y：极点在工件坐标系下的坐标值。

AP=: 终点的极角。

RP=: 终点的极半径。

注：极坐标指令编程可与工件坐标指令编程混用。

例 19：利用极坐标指令编辑图 3.3.27 的加工程序。

```
%3326
G92 x0 y0 z10
G00 x-50 y-60
G00 z-3
G01 G41 x-42 d01 f1000
Y0
G38 x0 y0
G02 AP=0 RP=42 R42
G01 y-50
x-50
G00 G40 y-60
Z10
G00 X0 Y0
M30
```

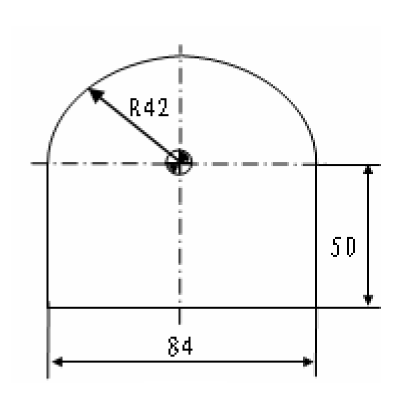


图 3.3.27

例 20：见图 3.3.28，图中曲线顺时针，每增加 10º 极半径增大 2mm。

```
%0001
G54 G00 x-15 y-15 z10
G00 z-3
G01 G41 x0 d01 f1000
Y50
G38 x42 y50
```

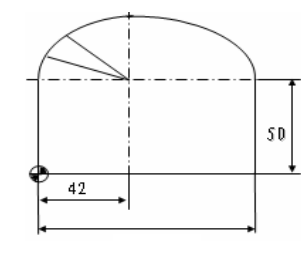


图 3.3.28

```
#0=180
#1=42
while #0 gt 0
G01 AP=[#0] RP=[#1]
#0=#0-10
#1=#1+2
Endw
G01 AP=0 RP=78
y0
x-15
G00 G40 y-15
Z10
M30
```

3.3.7 其它功能指令

(1) 暂停指令 G04

格式：G04　P_

说明：

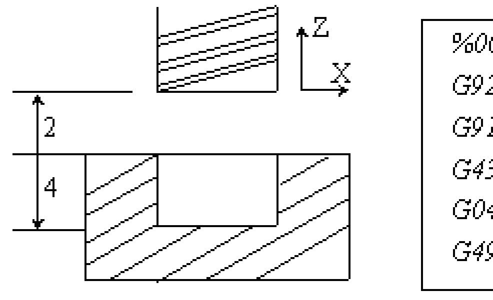
P：暂停时间，单位为 s。

G04 在前一程序段的进给速度降到零之后才开始暂停动作。

在执行含 G04 指令的程序段时，先执行暂停功能。

G04 为非模态指令，仅在其被规定的程序段中有效。

例 21：编制图 3.3.29 所示零件的钻孔加工程序。




```
%0004
G92 X0 Y0 Z0
G91 F200 M03 S500
G43 G01 Z-6 H01
G04 P5
G49 G00 Z6 M05 M30
```

图 3.3.29

G04 可使刀具作短暂停留，以获得圆整而光滑的表面。如对不通孔作深度控制时，在刀具进给到规定深度后，用暂停指令使刀具

作非进给光整切削，然后退刀，保证孔底平整。

(2) 准停检验 G09

格式：G09

说明：

一个包括 G09 的程序段在继续执行下个程序段前，准确停止在本程序段的终点。该功能用于加工尖锐的棱角。

G09 为非模态指令，仅在其被规定的程序段中有效。

(3) 段间过渡方式 G61，G64

格式：$\begin{Bmatrix} G61 \\ G64 \end{Bmatrix}$

说明：

G61：精确停止检验；

G64：连续切削方式。

在 G61 后的各程序段编程轴都要准确停止在程序段的终点，然后再继续执行下一程序段。

在 G64 之后的各程序段编程轴刚开始减速时（未到达所编程的终点）就开始执行下一程序段。但在定位指令(G00，G60)或有准停校验 (G09)的程序段中，以及在不含运动指令的程序段中，进给速度仍减速到 0 才执行定位校验。

G61 方式的编程轮廓与实际轮廓相符。

G61 与 G09 的区别在于 G61 为模态指令。

G64 方式的编程轮廓与实际轮廓不同。其不同程度取决于 F 值的大小及两路径间的夹角，F 越大，其区别越大。

G61、G64 为模态指令，可相互注销，G61 为缺省值。

例 22：编制如图 3.3.30 所示轮廓的加工程序：要求编程轮廓与实际轮廓相符。

例 23：编制如图 3.3.31 所示轮廓的加工程序：要求程序段间不停顿。

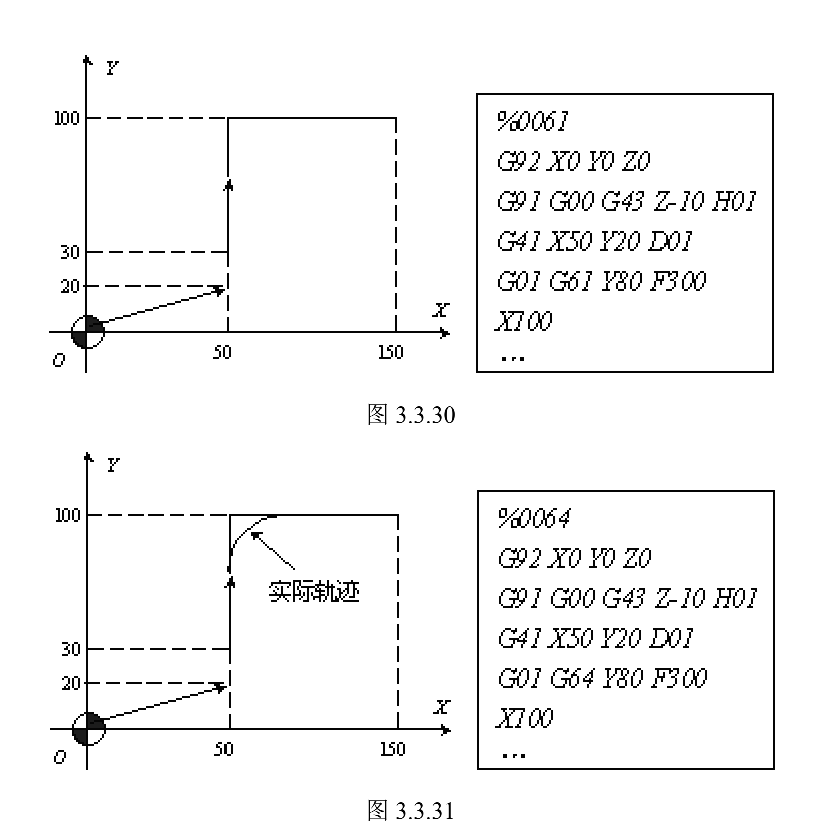


图 3.3.30

图 3.3.31

3.3.8 简化编程指令

(1) 镜像功能 G24，G25

格式： G24 X__Y__Z__A__

M98 P_

G25 X__Y__Z__A__

说明： *G24*：建立镜像；

G25：取消镜像；

X、*Y*、*Z*、*A*：镜像位置。

当工件相对于某一轴具有对称形状时，可以利用镜像功能和子程序，只对工件的一部分进行编程，而能加工出工件的对称部分，这就是镜像功能。

当某一轴的镜像有效时，该轴执行与编程方向相反的运动。

G24、G25 为模态指令，可相互注销，G25 为缺省值。

例 24：使用镜像功能编制如图 3.3.32 所示轮廓的加工程序：设刀具

起点距工件上表面 100mm，切削深度 5mm。

```
%3331  主程序
G92 X0 Y0 Z100
G91 G17 M03 S600
M98 P100 ；加工①
G24 X0   ；Y 轴镜像，镜像位置为 X=0
M98 P100 ；加工②
G24 Y0   ；X、Y 轴镜像，镜像位置为(0，0)
M98 P100 ；加工③
G25 X0    ；X 轴镜像继续有效，取消 Y 轴镜像
M98 P100 ；加工④
G25 x0 Y0 ；取消镜像
M30
%100      ；子程序(①的加工程序)：

N100 G41 G00 X10 Y4 D01
N120 G43 Z10 H01
N130 G01 G90 Z-3 F300
N140 G91 Y26
N150 X10
N160 G03 X10 Y-10 I10 J0
N170 G01 Y-10
N180 X-25
N185 G00 Z10
N190 G90 G49 G00 Z100
N200 G40 X0 Y0
N210 M99
```

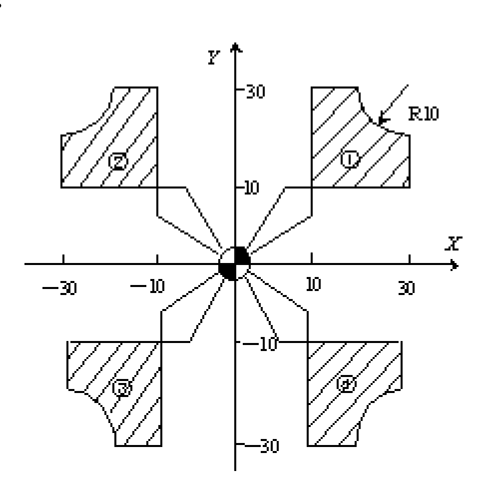


图 3.3.32

(2) 缩放功能 G50，G51

格式： G51 X_Y_Z_P_

M98 P_

G50

说明：　*G51*：建立缩放；

G50：取消缩放；

X、*Y*、*Z*：缩放中心的坐标值；

P：缩放倍数。

G51 既可指定平面缩放，也可指定空间缩放。

在 G51 后，运动指令的坐标值以（*X*，*Y*，*Z*）为缩放中心，按 *P* 规定的缩放比例进行计算。

在有刀具补偿的情况下，先进行缩放，然后才进行刀具半径补偿、刀具长度补偿。

G51、G50 为模态指令，可相互注销，G50 为缺省值。

例 25：使用缩放功能编制如图 3.3.33 所示轮廓的加工程序：已知三角形 *ABC* 的顶点为 *A*(10, 30)，*B*(90, 30)，*C*(50, 110)，三角形 *A'B'C'*是缩放后的图形，其中'缩放中心为 *D*(50, 50)，缩放系数为 0.5 倍，设刀具起点距工件上表面 50mm。

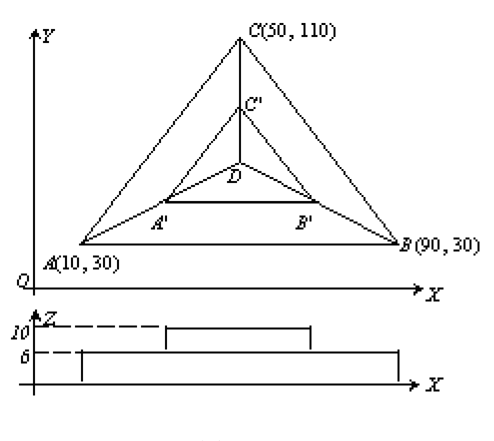


图 3.3.33

```
%3332                ;主程序
G92 X0 Y0 Z60
G17 M03 S600 F300
G43 G00 Z14 H01
X110 Y0
#51=0
M98 P100            ;加工三角形 ABC
```

```
#51=6
G51 X50 Y50 P0.5 ;缩放中心(50, 50)，缩放系数 0.5
M98 P100         ;加工三角形 A'B'C'
G50                  ;取消缩放
G49 Z60
G00 X0 Y0
M05 M30
%100             ;子程序(三角形 ABC 的加工程序)：
N100 G41 G00 Y30 D01
N120 Z[#51]
N150 G01 X10
N160 X50 Y110
N170 G91 X44 Y-88
N180 G90 Z[#51]
N200 G40 G00 X110 Y0
N210 M99
```

(3) 旋转变换 G68，G69

格式：G17 G68 X__Y__P__

G18 G68 X__Z__P__

G19 G68 Y__Z__P__

M98 P_

G69

说明： *G68*：建立旋转；

G69：取消旋转；

X、*Y*、*Z*：旋转中心的坐标值；

P：旋转角度，单位是(°)，0≤*P*≤360°。

在有刀具补偿的情况下，先旋转后刀补（刀具半径补偿、长度补偿)；在有缩放功能的情况下，先缩放后旋转。

G68、G69 为模态指令，可相互注销，G69 为缺省值。

例 26：使用旋转功能编制如图 3.3.34 所示轮廓的加工程序：设刀具起点距工件上表面 50mm，切削深度 5mm。

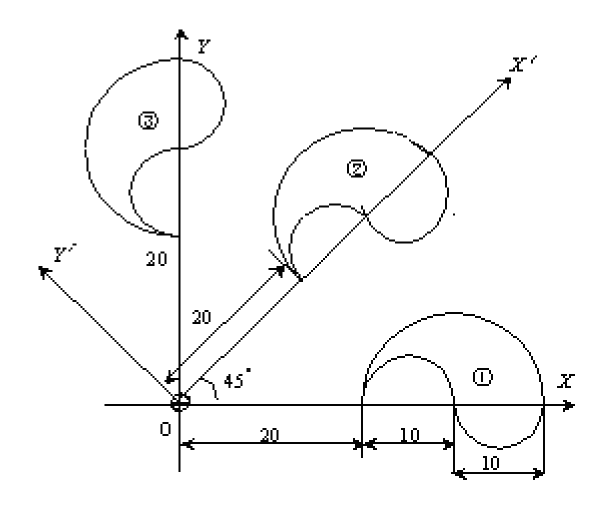


图 3.3.34

```
%3333                    ;主程序
N10 G92 X0 Y0 Z50
N15 G90 G17 M03 S600
N20 G43 Z-5 H02
N25 M98 P200             ;加工①
N30 G68 X0 Y0 P45           ;旋转 45°
N40 M98 P200             ;加工②
N60 G68 X0 Y0 P90           ;旋转 90°
N70 M98 P200             ;加工③
N20 G49 Z50
N80 G69 M05 M30           ;取消旋转
%200                      ;子程序 (①的加工程序?
G41 G01 X20 Y-5 D02 F300
N105 Y0
N110 G02 X40 I10
N120 X30 I-5
N130 G03 X20 I-5
N140 G00 Y-6
N145 G40 X0 Y0
N150 M99
```

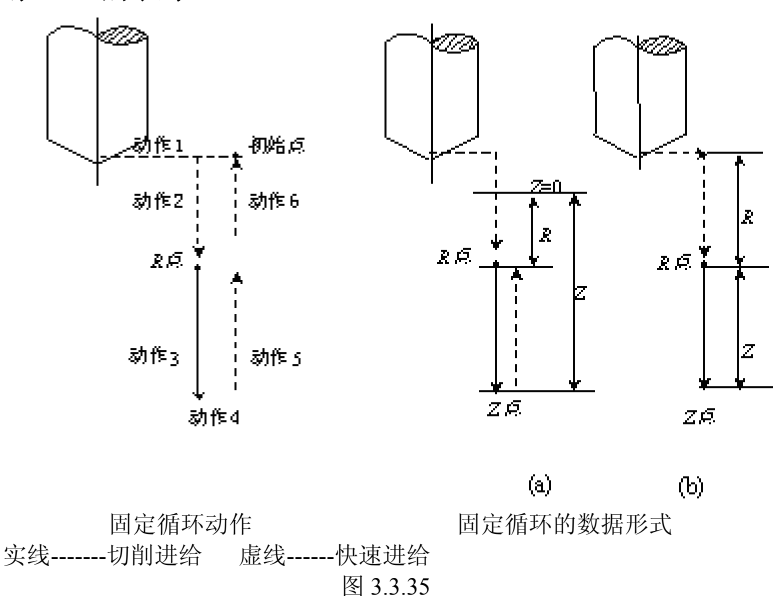
3.3.9 固定循环

数控加工中，某些加工动作循环已经典型化。例如，钻孔、镗孔的动作是孔位平面定位、快速引进、工作进给、快速退回等，这样一系列典型的加工动作已经预先编好程序，存储在内存中，可用称为固定循环的一个 G 代码程序段调用，从而简化编程工作。

孔加工固定循环指令有 G73，G74，G76，G80～G89，通常由下述 6 个动作构成(见图 3.3.35)：

(1) *X*、*Y* 轴定位；
(2) 定位到 *R* 点(定位方式取决于上次是 G00 还是 G01)；
(3) 孔加工；
(4) 在孔底的动作；
(5) 退回到 *R* 点(参考点)；
(6) 快速返回到初始点。

固定循环的数据表达形式可以用绝对坐标(G90)和相对坐标(G91)表示，如图 3.3.35 所示，其中图(a)是采用 G90 的表示，图(b)是采用 G91 的表示。



固定循环动作　　　　固定循环的数据形式

实线-------切削进给　虚线------快速进给

图 3.3.35

固定循环的程序格式包括数据形式、返回点平面、孔加工方式、孔位置数据、孔加工数据和循环次数。数据形式(G90 或 G91)在程序开始时就已指定，因此，在固定循环程序格式中可不注出。固定循环的程序格式如下：

$\left\{\begin{matrix} G98 \\ G99 \end{matrix}\right\}$G_X_Y_Z_R_Q_P_I_J_K_F_L_；

说明：

G98：返回初始平面；

G99：返回 *R* 点平面；

*G_*：固定循环代码 G73，G74，G76 和 G81~G89 之一；

X、*Y*：加工起点到孔位的距离(G91)或孔位坐标(G90)；

R：初始点到 *R* 点的距离(G91)或 *R* 点的坐标(G90)；

Z：*R* 点到孔底的距离(G91)或孔底坐标(G90)；

Q：每次进给深度(G73/G83)；

I、*J*：刀具在轴反向位移增量(G76/G87)；

P：刀具在孔底的暂停时间；

F：切削进给速度；

L：固定循环的次数。

G73、G74、G76 和 G81~G89 是同组的模态指令。其中定义的，Z、R、P、F、Q、I、J、K 地址，在各个指令中是模态值，改变指令后需重新定义。G80、G01~G03 等代码可以取消固定循环。

```
%0001
G92 X-30 Y-30 Z50
M06 T01
M03 S400
G00 G43 Z20 H01
G99 G73 X-30 Y-30 Z-45 R3 Q-5 P2 K1 F40
G98 X-110
G00 G49 Z50
M06 T02
G00 G43 Z20 H02
G99 G76 X-30 Y-30 Z-42 R3 I-2 F40
G98 Y-110
G00 G49 Z50
X-30 Y-30
M05
M30
```

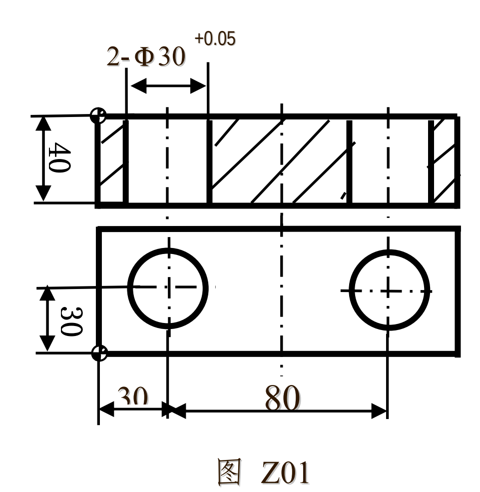


图 Z01

(1) G73：高速深孔加工循环

G73：高速深孔加工循环

格式：G98（G99）G73X_Y_Z_R_Q_P_K_F_L_

功能：该固定循环用于 Z 轴的间歇进给，使深孔加工时容易断屑、排屑、加入冷却液、且退刀量不大，可以进行深孔的高速加工。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

Q：为每次向下的钻孔深度（增量值，取负）。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

K:为每次向上的退刀量（增量值，取正）。

F：钻孔进给速度

L：循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。
2、快移接近工件表面,到R点。
3、向下以F速度钻孔，深度为q量。
4、向上快速抬刀，距离为k量。
5、步骤3、4往复多次。
6、钻孔到达孔底Z点。
7、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态）
8、向上快速退到R点（G99）或B点(G98)

注意：1、如果 Z、K、Q 移动量为零时，该指令不执行。
2、$|Q|>|K|$

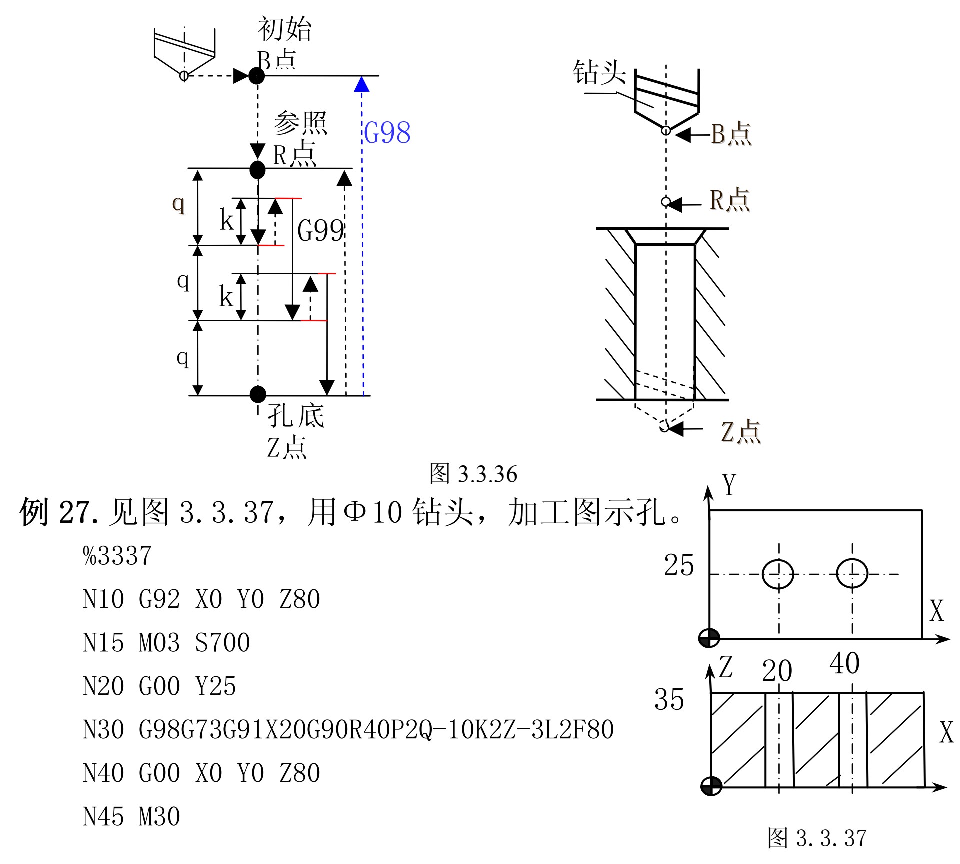


图 3.3.36

例 27. 见图 3.3.37，用Φ10 钻头，加工图示孔。

```
%3337
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 M03 S700
N20 G00 Y25
N30 G98G73G91X20G90R40P2Q-10K2Z-3L2F80
N40 G00 X0 Y0 Z80
N45 M30
```

图 3.3.37

(2) G74：反攻丝循环

格式：G98（G99）G74X_Y_Z_R_P_F_L_

功能：攻反螺纹时，用左旋丝锥主轴反转攻丝。攻丝时速度倍率不起作用。使用进给保持时，在全部动作结束前也不停止。

说明：

X、Y：绝对编程时是螺孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是螺孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

P：为孔底停顿时间。

F：螺纹导程

L：循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

工作步骤：

1、主轴在原反转状态下，刀位点快移到螺孔中心上方B点。
2、快移接近工件表面，到R点。
3、向下攻丝，主轴转速与进给匹配，保证转进给为螺距F。
4、攻丝到达孔底Z点。
5、主轴停转同时进给停止。
6、主轴正转退出，主轴转速与进给匹配，保证转进给为螺距F。
7、退到R点（G99）或退到R点后，快移到B点(G98)

注意：Z 的移动量为零时，该指令不执行。

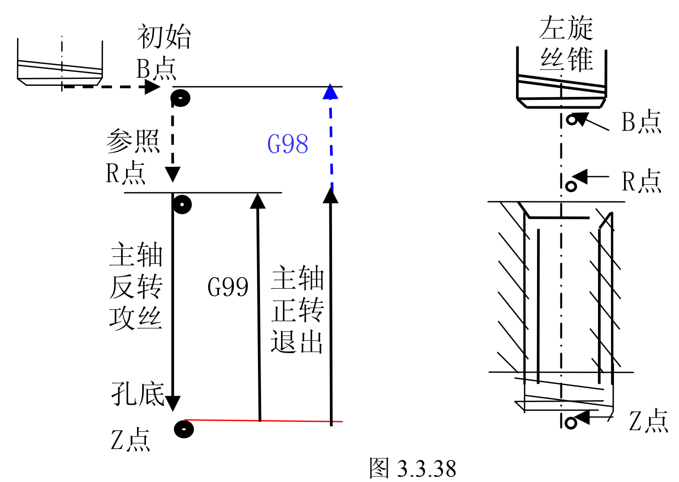


图 3.3.38

例 28. 见图 3.3.39，用 M10×1 反丝锥攻丝。

```
%3339
N10 G92 X0 Y0 Z80 F200
N15 M04 S300
N20 G98G74X50Y40R40P10G90Z-5F1
N30 G0 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

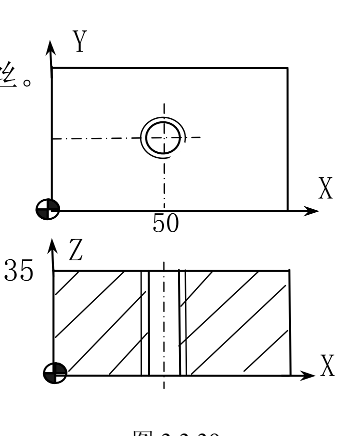


图 3.3.39

刚性攻丝的攻丝方式选择：

1、刚性攻丝有两种攻丝方式：

C 轴攻丝：将伺服主轴当作 C 轴，采用插补的方法攻丝，可以实现高速高精度攻丝。

跟随攻丝：采取 Z 轴跟随主轴的方法来攻丝

2、系统默认是采取跟随攻丝的方式

3、用 M29 来指定攻丝方式是 C 轴攻丝方式。M29 是模态指令。

例：

M29　；指定攻丝方式是 C 轴攻丝方式

G74 xx xxxxx　；C 轴攻丝

(3) G76：精镗循环

格式： G98（G99）G76X_Y_Z_R_P_I_J_F_L_

功能：精镗时，主轴在孔底定向停止后，向刀尖反方向移动，然后快速退刀。刀尖反向位移量用地址 I、J 指定，其值只能为正值。I、J 值是模态的，位移方向由装刀时确定。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：　绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：　绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

I：　X 轴方向偏移量，只能为正值

J：　Y 轴方向偏移量，只能为正值

P：　为孔底停顿时间。

F：　镗孔进给速度

L：　循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。

2、快移接近工件表面,到R点。

3、向下以F速度镗孔，到达孔底Z点。

4、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态）

5、主轴定向，停止旋转。

6、镗刀向刀尖反方向快速移动I或J量。

7、向上快速退到R点高度（G99）或B点高度(G98)。

8、向刀尖正方向快移I或J量，刀位点回到孔中心上方R点或B点

9、主轴恢复正转。

注意：如果 Z 移动量为零，该指令不执行。

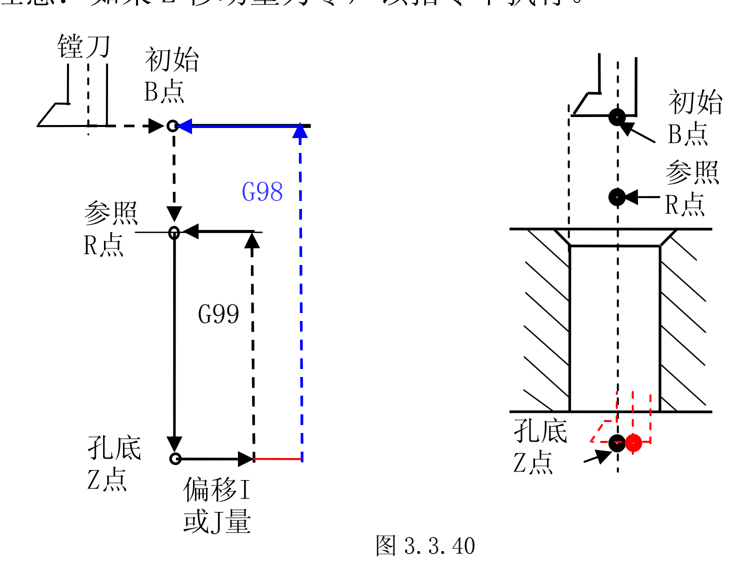


图 3.3.40

例 29. 见图 3.3.41，用单刃镗刀镗孔。

```
%3341
N10 G54
N12 M03 S600
N15 G00 X0 Y0 Z80
N20 G98G76X20Y15R40P2I-5Z-4F100
N25 X40Y30
N30 G00 G90 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

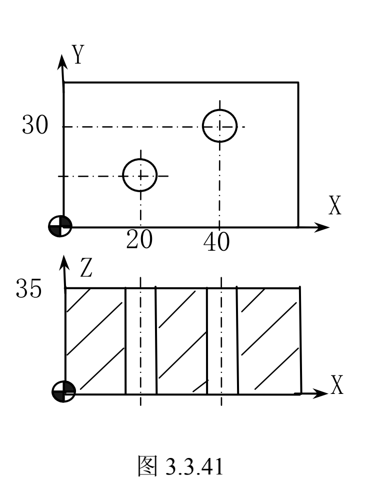


图 3.3.41

(4) G81：钻孔循环(中心钻)

格式：G98（G99）G81X_Y_Z_R_F_L_P_

功能：图 42 为 G81 指令的动作循环，包括 X，Y 坐标定位、快进、

工进和快速返回等动作。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
　　　增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：　绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
　　　增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：　绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
　　　增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

F：　钻孔进给速度

L：　循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

P：　在 R 点暂停时间，单位为秒；当 P 没定义或为零，不暂停。

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。

2、快移接近工件表面,到R点。

3、向下以F速度钻孔，到达孔底Z点。

4、主轴维持旋转状态，向上快速退到R点（G99）或B点(G98)。

注意：如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行。

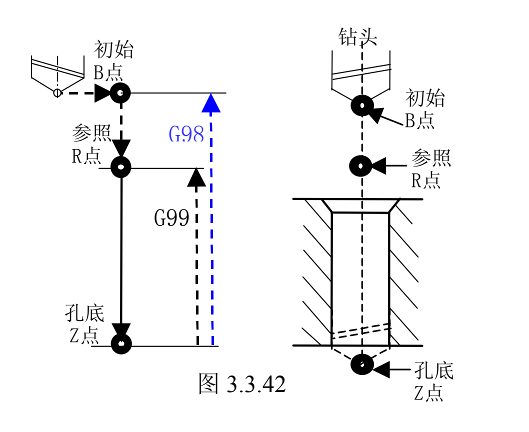


图 3.3.42

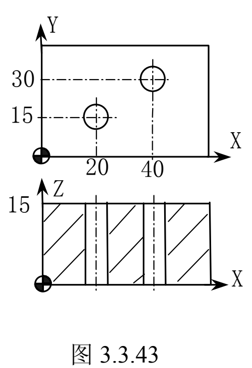


图 3.3.43

例 30：用Φ10 钻头，加工图示孔。

```
%3343
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 M03 S600
N20 G98G81G91X20Y15G90R20Z-3P2L2F200
```

N30 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

(5) G82：带停顿的钻孔循环

格式：G98（G99）G82X_Y_Z_R_P_F_L_

功能：此指令主要用于加工沉孔、盲孔，以提高孔深精度。该指令除了要在孔底暂停外，其他动作与 G81 相同

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：　绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：　绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

P：　孔底暂停时间。

F：　钻孔进给速度。

L：　循环次数（一般用于多孔加工的简化编程）。工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。

2、快移接近工件表面，到R点。

3、向下以F速度钻孔，到达孔底Z点。

4、主轴维持原旋转状态，延时P秒。

5、向上快速退到 R 点（G99）或 B 点(G98)。

注意：如果 Z 的移动量为零，该指令不执行。

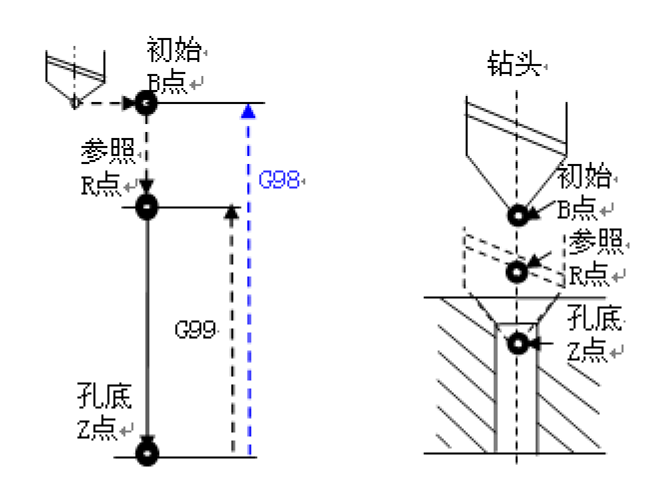


图 3.3.44

例 31.用鎴钻，鎴沉孔。

```
%3345
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 M03 S600
N20 G98G82G90X25Y30R40P2Z25F200
N30 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

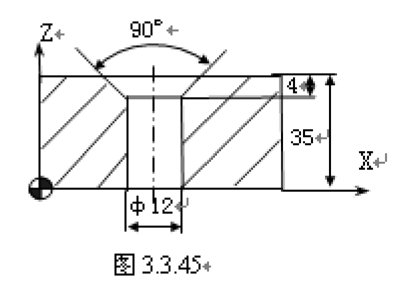


图 3.3.45

(6) G83：深孔加工循环

格式：G98（G99）G83X_Y_Z_R_Q_P_K_F_L_

功能：该固定循环用于 Z 轴的间歇进给，每向下钻一次孔后，快速退到参照 R 点，退刀量较大、更便于排屑好、方便加冷却液。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：　绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：　绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

Q：　为每次向下的钻孔深度（增量值，取负）。

K：　距已加工孔深上方的距离（增量值，取正）。

F：　钻孔进给速度

L：　循环次数（一般用于多孔加工的简化编程）

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。
2、快移接近工件表面,到R点。
3、向下以F速度钻孔，深度为q量。
4、向上快速抬刀到R点。
5、向下快移到已加工孔深的上方，k距离处。
6、向下以F速度钻孔，深度为（q+k）量。

7、重复步骤4、5、6。到达孔底Z点。
8、孔底延时P秒（主轴维持原旋转状态）
9、向上快速退到 R 点（G99）或 B 点(G98)
注意：如果 Z、Q、K 的移动量为零，该指令不执行。

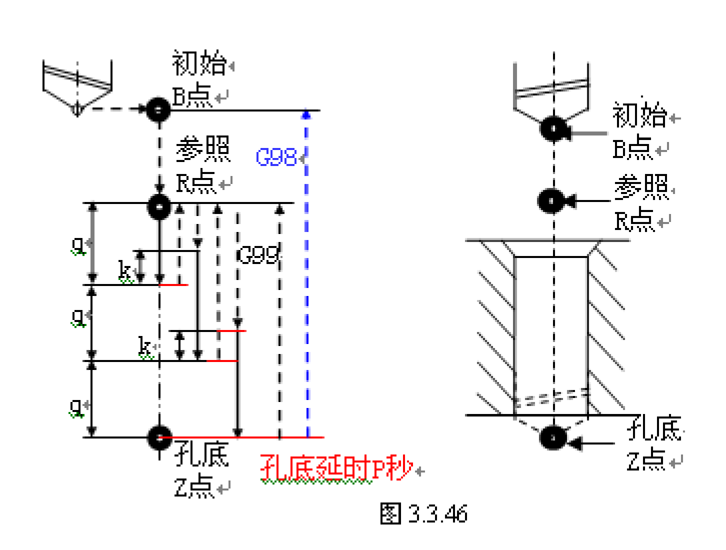


图 3.3.46

例 32. 用Φ10 钻头，加工图示孔。

```
%3347
N10 G55 G00 X0 Y0 Z80
N15 Y25
N20 G98G83G91X20G90R40P2Q-10K5G91Z-43F100L2
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

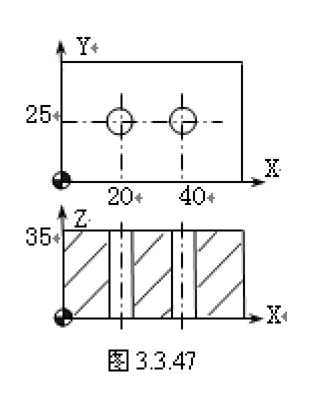


图 3.3.47

(7) G84：攻丝循环

格式：G98（G99）G84X_Y_Z_R_P_F_L_

功能：攻正螺纹时,用右旋丝锥主轴正转攻丝。攻丝时速度倍率不起作用。使用进给保持时，在全部动作结束前也不停止。

说明：

X、Y：绝对编程时是螺孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是螺孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：　绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；

增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：　绝对编程时是参照 R 点的坐标值；

　　增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

P：　为孔底停顿时间。

F：　螺纹导程

L：　循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

工作步骤：

1、主轴在原正转状态下，刀位点快移到螺孔中心上方B点。

2、快移接近工件表面，到R点。

3、向下攻丝，主轴转速与进给匹配，保证转进给为螺距F。

4、攻丝到达孔底Z点。

5、主轴停转同时进给停止。

6、主轴反转退出，主轴转速与进给匹配，保证转进给为螺距F。

7、退到 R 点（G99）或退到 R 点后，快移到 B 点(G98)

注意：　Z 的移动量为零时，该指令不执行。

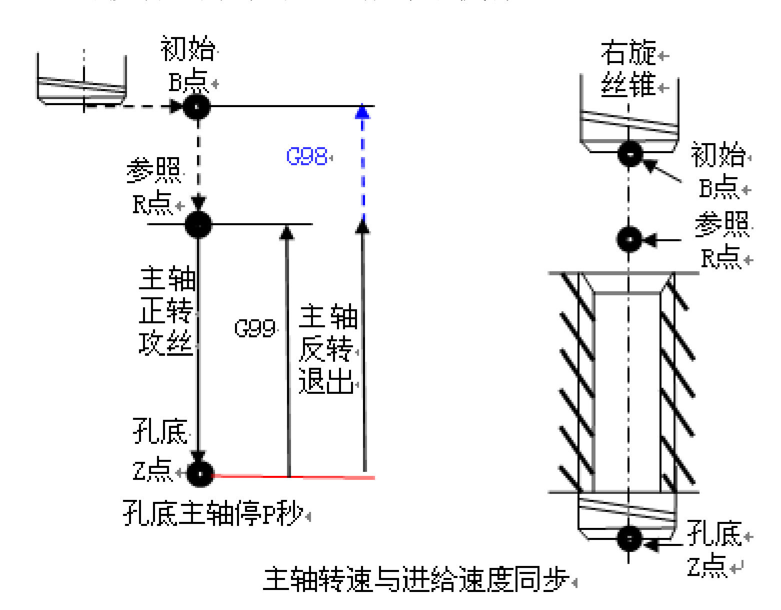


图 3.3.48

例 33. 见图 3.3.49，用 M10×1 正丝锥攻丝。

%3349

N10 G92 X0 Y0 Z80

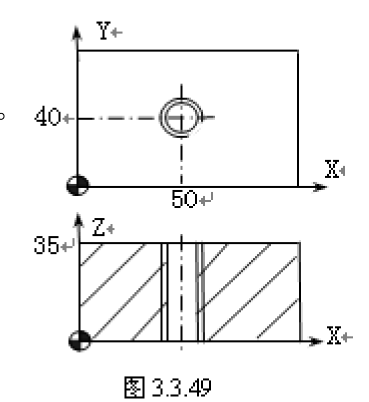


图 3.3.49

N15 M03 S300

N20 G98G84G91X50Y40G90R38P3G91Z-40F1

N30 G90 G0 X0 Y0 Z80

N40 M30

刚性攻丝的攻丝方式选择：

1、刚性攻丝有两种攻丝方式：

C 轴攻丝：将伺服主轴当作 C 轴，采用插补的方法攻丝，可以实现高速高精度攻丝。

跟随攻丝：采取 Z 轴跟随主轴的方法来攻丝

2、系统默认是采取跟随攻丝的方式

3、用 M29 来指定攻丝方式是 C 轴攻丝方式。M29 是模态指令。

例：

M29 ；指定攻丝方式是 C 轴攻丝方式

G84 xx xxxxx ；C 轴攻丝

(8) G85：镗孔循环

格式：G98（G99）G85X_Y_Z_R_P_F_L_

功能：该指令主要用于精度要求不太高的镗孔加工。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

P：孔底延时时间，单位秒。

F：钻孔进给速度

L：循环次数（一般用于多孔加工的简化编程）

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。

2、快移接近工件表面，到R点。

3、向下以F速度镗孔。

4、到达孔底Z点。
5、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态）。
6、向上以 F 速度退到 R 点（主轴维持旋转状态）。
7、如是 G98 状态，则还要向上快速退到 B 点。
注意：如果 Z、Q、K 的移动量为零，该指令不执行。

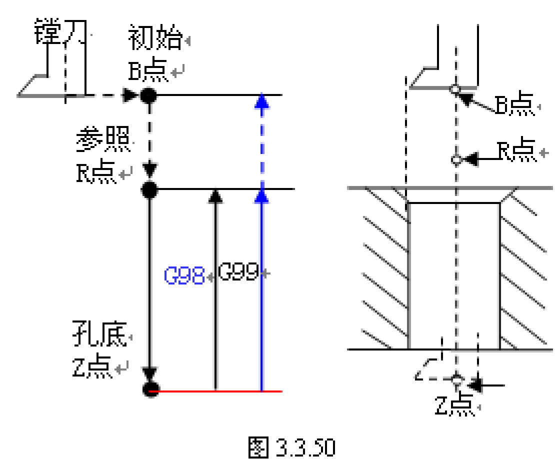


图 3.3.50

例 34. 见图 3.3.51，用单刃镗刀镗孔。

```
%3351
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 M03 S600
N20 G98G85G91X20Y15R-42P2Z-40L2F100
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

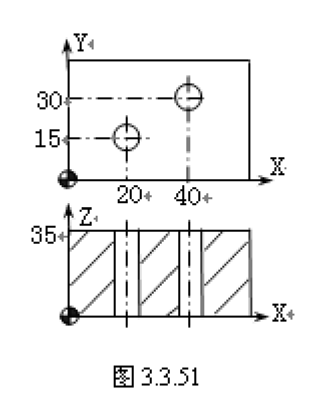


图 3.3.51

(9) G86：镗孔循环

格式：G98（G99）G86X_Y_Z_R_F_L_

功能：此指令与 G81 相同，但在孔底时主轴停止，然后快速退回，主要用于精度要求不太高的镗孔加工。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R:　　绝对编程时是参照 R 点的坐标值;
　　　增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值
F:　　钻孔进给速度
L:　　循环次数（一般用于多孔加工的简化编程）

工作步骤:

1、刀位点快移到孔中心上方B点。
2、快移接近工件表面,到R点。
3、向下以F速度镗孔。
4、到达孔底Z点。
5、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态)。
6、主轴停止旋转
7、向上快速退到 R 点（G99）或 B 点(G98)
8、主轴恢复正转。

注意：如果 Z 的移动位置为零，该指令不执行。

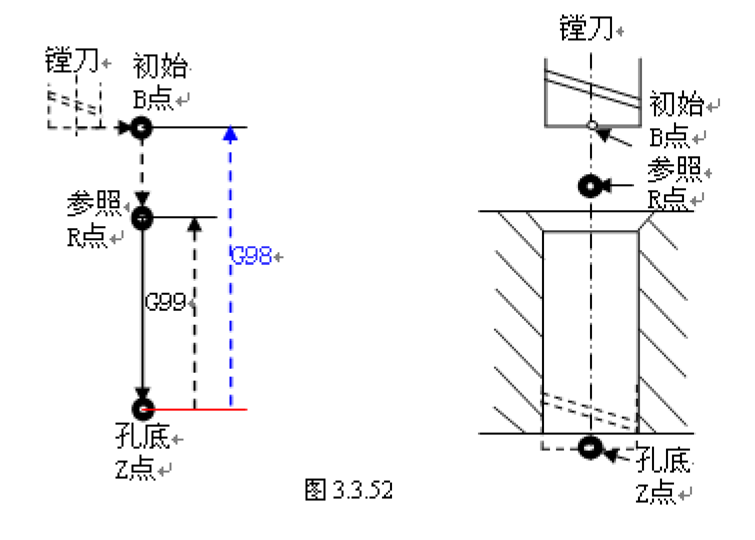


图 3.3.52

例 35. 见图 3.3.53，用铰刀铰孔。

```
%3353
N10 G92 X0 Y0 Z80
N15 G98G86G90X20Y15R38Q-10K5P2Z-2F200
N20 X40 Y30
N30 G90 G00 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

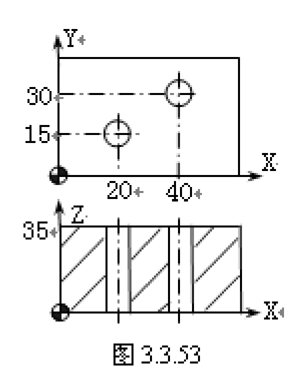


图 3.3.53

（10）G87：反镗循环

格式：G98G87X_Y_Z_R_P_I_J_F_L_

功能：该指令一般用于镗削下小上大的孔，其孔底 Z 点一般在参照 R 点的上方，与其他指令不同。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

I：X 轴方向偏移量。

J：Y 轴方向偏移量。

P：为孔底停顿时间。

F：镗孔进给速度。

L：循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）。

工作步骤：

1、刀位点快移到孔中心上方B点。
2、主轴定向，停止旋转。
3、镗刀向刀尖反方向快速移动I或J量。
4、快速移到R点。
5、镗刀向刀尖正方向快移I或J量，刀位点回到孔中心X、Y坐标处。
6、主轴正转
7、向上以F速度镗孔，到达孔底Z点。
8、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态）
9、主轴定向，停止旋转。
10、刀尖反方向快速移动I或J量。
11、向上快速退到B点高度(G98)。
12、向刀尖正方向快移I或J量，刀位点回到孔中心上方B点处。
13、主轴恢复正转。

注意：

1、如果 Z 的移动量为零，该指令不执行。

2、此指令不得使用 G99，如使用则提示“固定循环格式错”报警

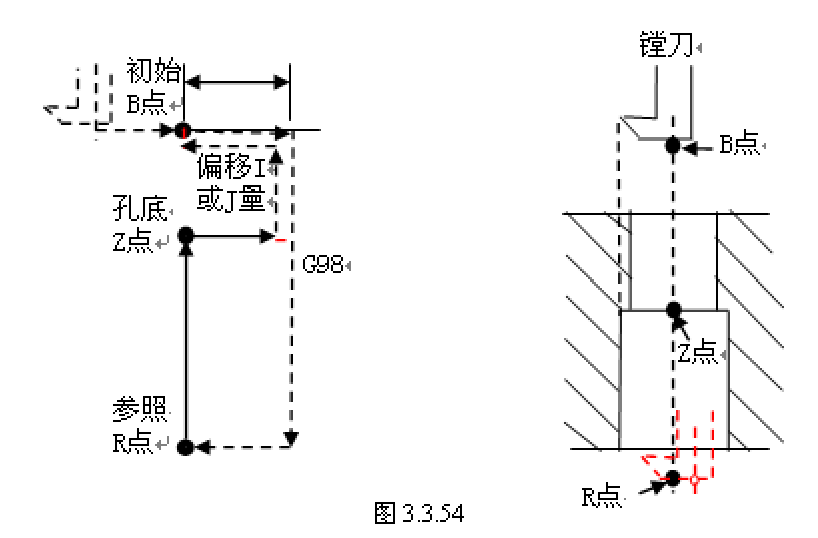


图 3.3.54

例 36. 见图 3.3.55，用单刃镗刀镗φ28 孔。

```
%3355
N10G92 X0 Y0 Z80
N15M03 S600
N20G00 Y15 F200
N25G98G87G91X20I-5R-83P2Z23L2
N30G90 G00 X0 Y0 Z80 M05
N40M30
```

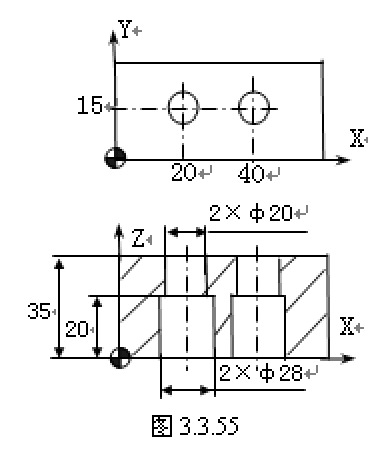


图 3.3.55

(11) G88：镗孔循环（手镗）

格式：G98（G99）G88X_Y_Z_R_P_F_L_

功能：该指令在镗孔前记忆了初始 B 点或参照 R 点的位置，当镗刀自动加工到孔底后机床停止运行，手动将工作方式转换为“手

动”，通过手动操作使刀具抬刀到 B 点或 R 点高度上方，并避开工件。然后工作方式恢复为自动，再循环启动程序，刀位点回到 B 点或 R 点。用此指令一般铣床就可完成精镗孔，不需主轴准停功能。

说明：

X、Y：绝对编程时是孔中心在 XY 平面内的坐标位置；
增量编程时是孔中心在 XY 平面内相对于起点的增量值。

Z：绝对编程时是孔底 Z 点的坐标值；
增量编程时是孔底 Z 点相对与参照 R 点的增量值。

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；
增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

P：为孔底停顿时间。

F：镗孔进给速度

L：循环次数（一般用于多孔加工，故 X 或 Y 应为增量值）

工作步骤：

1、在“自动”工作方式，刀位点快移到孔中心上方B点。
2、快速移到R点。
3、向下以F速度镗孔，到达孔底Z点。
4、孔底延时P秒（主轴维持旋转状态）
5、主轴停止旋转。
6、手动将工作方式置为“手动”
7、手动抬刀，注意避免损坏刀具，直到高于R点（G99）或B点(G98)高度（否则下面步骤无效)。
8、手动将主轴旋转起来。
9、手动将工作方式置为“自动”
10、按机床操作面板上“循环启动”键。
11、刀位点快速到R点（G99）或B点(G98)位置。

注意：1、如果 Z 的移动量为零，该指令不执行。
2、手动抬刀高度，必须高于 R 点（G99）或 B 点(G98)。

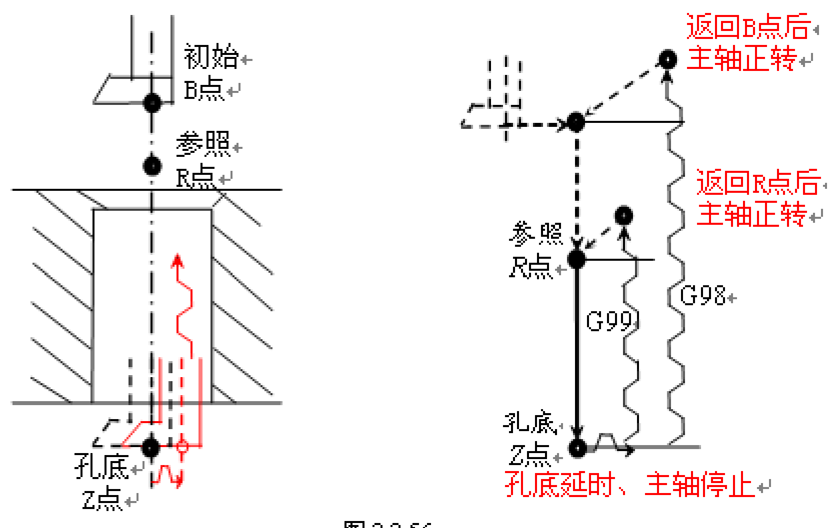


图 3.3.56

例 37. 见图 3.3.57，用单刃镗刀镗孔。

```
%3357
N10 G54
N12 M03 S600
N15 G00 X0 Y0 Z80
N20 G98G88G91X20Y15R-42P2I-5Z-40L2F100
N30 G00 G90 X0 Y0 Z80
N40 M30
```

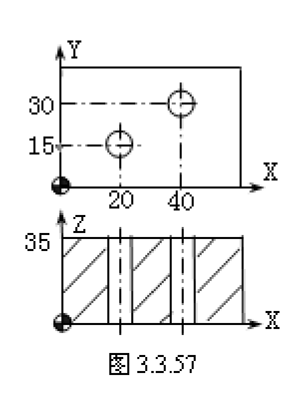


图 3.3.57

(12) G89：镗孔循环

G89 指令与 G86 指令相同，但在孔底有暂停。

注意：如果 Z 的移动量为零，G89 指令不执行。

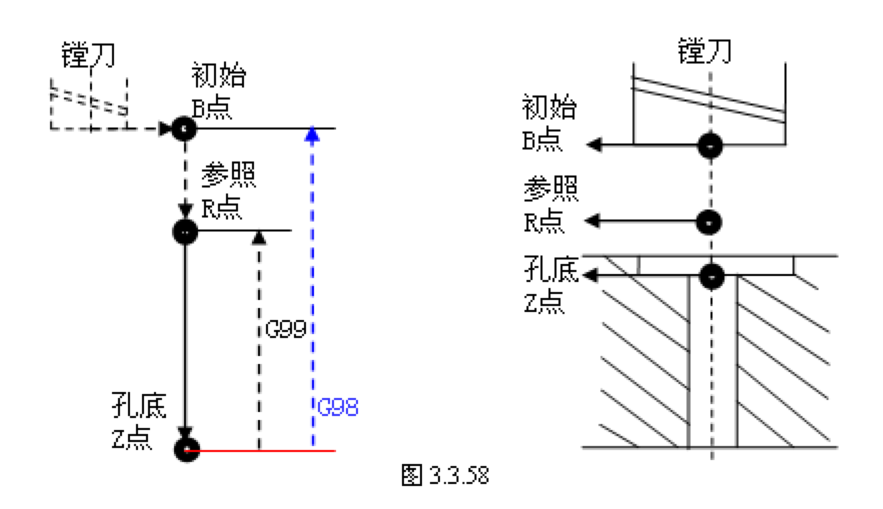


图 3.3.58

(13) G70：圆周钻孔循环

格式：**(G98 / G99)G70 X_Y_Z_R_I_J_N_【Q_K_P】_F_ L_**

此指令适用于 M21/22 系列 7.10 及以后版本，M18/19 系列 4.03 及以后版本。

功能：在 X、Y 指定的坐标为中心所形成半径为 **I** 的圆周上，以 X 轴和角度 J 形成的点开始将圆周做 N 等分，做 N 个孔的钻孔动作，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G70 为模态，其后的指令字为非模态。

参数说明：

X　Y ：圆周孔循环的圆心坐标

Z：孔底坐标

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

I：圆半径

J：最初钻孔点的角度，逆时针方向为正

N：孔的个数，正值表示逆时针方向钻孔，负值表示顺时针方向钻孔

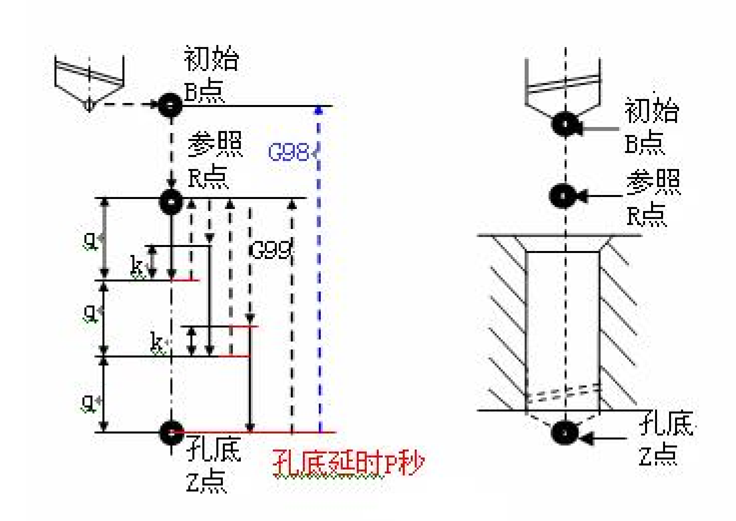
Q：每次进给深度，为有向距离；

K：每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离；

P：刀具在孔底暂停时间，单位为秒

当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔

循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。



例 1：表示在 X、Y 平面四个轴方向上钻四个逆圆的孔，此循环执行两次，孔底执行 G81 钻孔动作。

G98 G70 X10 Y10 Z0 R20 I10 J0 N4 F200 L2

例 2：表示在 X、Y 平面 45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。

G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J45 N-4 F200

例 3：表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。

G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J-45 N-4 F200

例 4：表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，Q 值无效，孔底执行 G81 钻孔动作。

G99 G70 X10 Y10 Z10 R50 I10 J-45 N-4 Q-10 F200

例 5：表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，孔底执行 G81 钻孔动作。

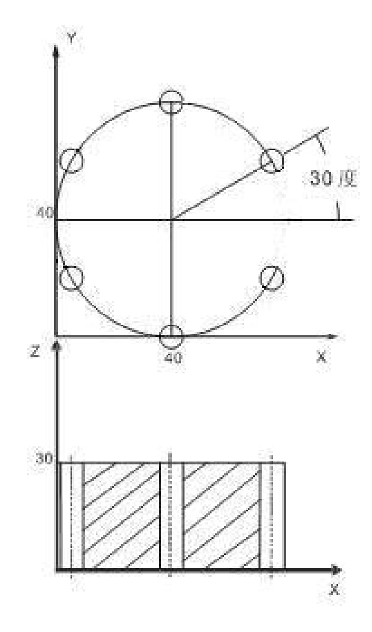
G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q0 F200

G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 K0 F200

G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q0K0 F200

例 6：表示在 X、Y 平面-45 度起钻四个顺圆的孔，此循环执行一次，执行 G83 深孔循环。

G99 G70 X10Y10Z10R50 I10J-45N-4 Q-10 K5 F200



例：用Φ10 钻头，加工图示孔

%3358

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G70G90X40Y40R35Z0I40J30N6P2Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

(14) G71：圆弧钻孔循环

格式：(G98/G99)G71 X_Y_Z_R_I_J_O_N【Q_K_P】_F_L_

此指令适用于 M21/22 系列 7.10 及以后版本，M18/19 系列 4.03 及以后版本。

功能：在 X、Y 指定的坐标为中心所形成半径为 I 的圆弧上，以 X 轴和角度 J 形成的点开始，间隔 O 角度做 N 个点的钻孔，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G71 为模态，其后的指令字为非模态。

参数说明：

X　Y：　圆弧的中心坐标

Z： 孔底坐标

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值

I：圆弧半径

J：最初钻孔点的角度，逆时针方向为正

O：孔间角度间隔，正值表示逆时针方向钻孔，负值表示顺时针方向钻孔

N：包括起点在内的孔的个数

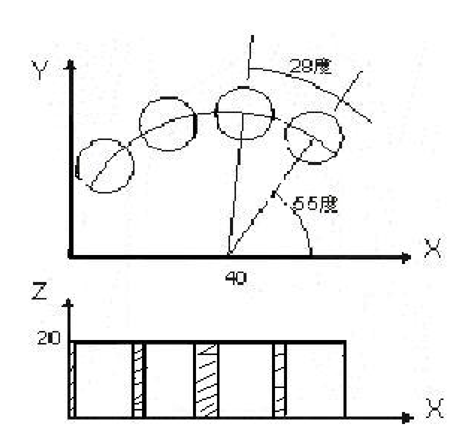
Q：每次进给深度，为有向距离

K：每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离；

P：刀具在孔底暂停时间，单位为秒。

当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。

注意：圆弧总角度 N×O 不能大于或等于 360 度，否则不予执行。



例：用Φ10 钻头，加工图示孔

%3359

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G71G90X40Y0G90R25Z0I40J55O28N4P2Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

(15) G78：角度直线孔循环

格式：(G98/G99)G78 X_Y_Z_R_I_J_N_【Q_K_P】_F_L_

此指令适用于 M21/22 系列 7.10 及以后版本，M18/19 系列 4.03 及以后版本。

功能：以 X、Y 指定的坐标为起点，在 X 轴和角度 J 所形成的方向用间隔 I 区分成 N 个孔做钻孔循环，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G78 为模态，其后的指令字为非模态。

参数说明：

X　Y ：第一个孔的坐标

Z：　孔底坐标

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

I：孔间距

J：斜线与 X 轴正方向形成的起始角度，逆时针方向为正

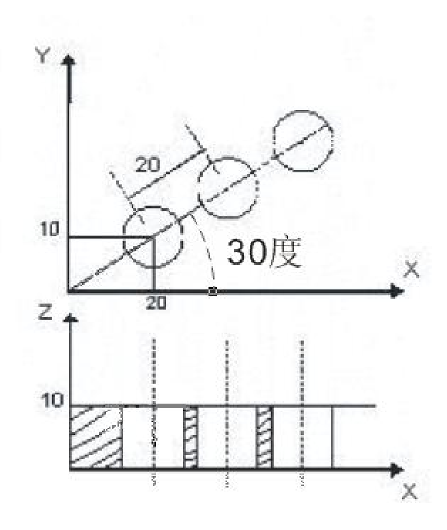
N：包括起点在内的孔的个数

Q：每次进给深度，为有向距离；

K：每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离；

P：刀具在孔底暂停时间，单位为秒。

当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。



例：用Φ10 钻头，加工图示孔

%3360

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G78G90X20Y10G90R15Z0I20J30N3P2Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

(16) G79：棋盘孔循环 (先进行 X 方向钻孔)

格式：(G98 /G99)G79 X_Y_Z_R_I_N_J_O_【Q_K_P】_F_L_

此指令适用于 M21/22 系列 7.10 及以后版本，M18/19 系列 4.03 及以后版本。

功能：以 X、Y 指定的坐标为起点，在 X 轴平行方向以间隔 I 做 N 个孔做钻孔循环，再以 Y 轴方向间隔 J，做 X 轴方向钻孔，共循环 O 次，每个孔的动作根据 Q、K 的值执行 G81 或 G83 标准固定循环。孔间位置的移动以 G00 方式进行。G78 为模态，其后的指令字为非模态。

参数说明：

X Y： 第一个孔的坐标

Z：孔底坐标

R：绝对编程时是参照 R 点的坐标值；增量编程时是参照 R 点相对与初始 B 点的增量值。

I：X 方向孔间距，正表示向 X 轴正方向钻孔，负表示向 X 轴负方向钻孔

N：X 方向包括起点在内的孔的个数

J：Y 方向孔间距, 正表示向 Y 轴正方向钻孔，负表示向 Y 轴负方向钻孔

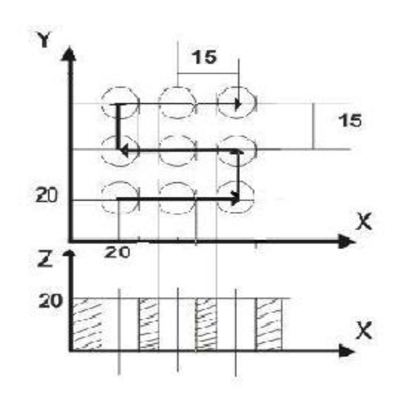
O：Y 方向包括起点在内的孔的个数

Q：每次进给深度，为有向距离；

K：每次退刀后，再次进给时，由快速进给转换为切削进给时距上次加工面的距离；

P：刀具在孔底暂停时间，单位为秒。

当 Q 大于零或 K 小于零时报错；进刀距离 Q 小于退刀距离 K 时报错；当 Q 或 K 为零或没有定义，每个孔的动作执行 G81 中心钻孔循环，此时 P 无效；当 Q、K 两者的值均正确时，每个孔的动作执行 G83 深孔加工循环，此时 P 有效。



例：用Φ10 钻头，加工图示孔

%3361

N10 G55 G00 X0 Y0 Z80

N20 G98G79G90X20Y20G90R25Z0I15N3J15O3P2Q-10K5F100

N30 G90 G00 X0 Y0 Z80

N40 M30

（17）G80：取消固定循环

该指令能取消固定循环，同时 *R* 点和 *Z* 点也被取消。

（18）固定循环小结

使用固定循环时应注意以下几点：

(1) 在固定循环指令前应使用 M03 或 M04 指令使主轴回转；

(2) 在固定循环程序段中，*X*, *Y*, *Z*, *R* 数据应至少指令一个才能进行孔加工；

(3) 在使用控制主轴回转的固定循环(G74、G84、G86)中，如果连续加工一些孔间距比较小，或者初始平面到 *R* 点平面的距离比较短的孔时，会出现在进入孔的切削动作前时，主轴还没有达到正常转速的情况，遇到这种情况时，应在各孔的加工动作之间插入 G04 指令，以获得时间；

(4) 当用 G00~G03 指令注销固定循环时，若 G00~G03 指令和固定循环出现在同一程序段，按后出现的指令运行；

(5) 在固定循环程序段中，如果指定了 M，则在最初定位时送出 M 信号，等待 M 信号完成，才能进行孔加工循环。

例 38 使用 G84 指令编制如图 3.3.59 所示的螺纹加工程序：设刀具起点距工作表面 100㎜ 处，切削深度为 10㎜。

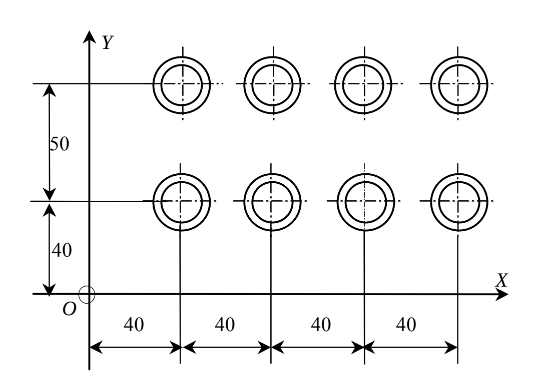


图 3.3.59 螺纹加工

（i） 先用 G81 钻孔

```
%1000
G92 X0 Y0 Z30
G91 G00 M03 S600
G98 G81 X40 Y40 G90 R2 Z-10 F200
```

```
G91 X40 L3
Y50
X-40 L3
G90 G80 X0 Y0 Z0 M05
M30
```

(ii) 再用 G84 攻丝

```
%2000
G92 X0 Y0 Z30
G91 G00 M03 S600
G98 G84 X40 Y40 G90 R2 Z-10 F1
G91 X40 L3
Y50
X-40 L3
G90 G80 X0 Y0 Z0 M05
M30
```

例 39. 见图 3.3.60 所示，用Φ20 的刀具加工下图轮廓，用Φ16 的刀具加工下图凹台，用Φ6、 Φ8 的刀具加工孔。

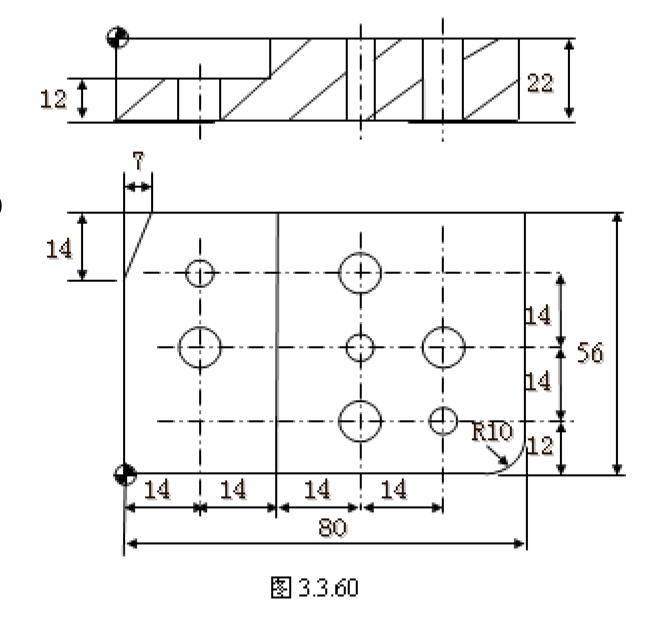


图 3.3.60

```
%3360
G92 x-20 y-20 z100
M03 S500
N1 M06 T01
G00 G43 Z-23 H01
G01 G41 X0 Y-8 D01 F100
Y42
X7 Y56
X80
Y12
G02 X70 Y0 R10
G01 X-10
G00 G40 X-20 Y-20
G49 Z100
N2 M06 T2
G00 G43 Z-10 H02
```

```
X5 Y-10
G01 Y66 F100
X19
Y-10
X20
Y66
G00 G49 Z100
G00 X-20 Y-20
N3 M06 T03
G00 G43 Z10 H03
G98 G73 X14 Y26 Z-23 R-6 Q-5 K2 F50
G99 G73 X42 Y40 Z-23 R4 Q-5 K2 F50
G99 G73 X42 Y12 Z-23 R4 Q-5 K2 F50
G98 G73 X56 Y26 Z-23 R4 Q-5 K2 F50
G00 G49 Z100
N4 M06 T04
G00 G43 Z10 H04
G98 G73 X14 Y40 Z-23 R-6 Q-5 K2 F50
G99 G73 X42 Y26 Z-23 R4 Q-5 K2 F50
G99 G73 X56 Y12 Z-23 R4 Q-5 K2 F50
G00 G49 Z100
X-20 Y-20
M05 M30
```

例 40. 见图 3.3.61 所示，用Φ20 的刀具加工周边轮廓，用Φ16 的刀具加工凹台，用Φ8 的钻头加工孔，

```
%3361
G92 x-20 y-20 z100
M03 S500
N1 M06 T01
G00 G43 Z-23 H01
G01 G41 X0 Y-8 D01 F100
Y56
```

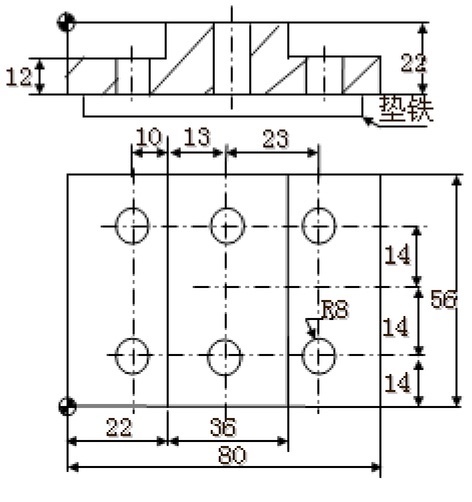


图 3.3.61

```
X80
Y0
X-10
G00 G40 X-20 Y-20
G49 Z100
N2 M06 T2
G00 G43 Z-10 H02
X5 Y-10
G01 Y70 F100
X13
Y-10
X14
Y70
G00 X75
G01 Y-10 F100
X67
Y70
X66
Y-10
G00 G49 Z100
G00 X-20 Y-20
N3 M06 T03
G00 G43 Z10 H03
G98 G73X12Y14Z-23R-6Q-5K3F50
G73G91X23G90Z-23R4Q-5K3L2F50
G73X58Y42Z-23R-6Q-5K3F50
G73G91X-23G90Z-23R4Q-5K3L2F50
G00 G49 Z100
X-20 Y-20
M05
M30
```

3.4 宏指令编程

HNC-21M 为用户配备了强有力的类似于高级语言的宏程序功能，用户可以使用变量进行算术运算、逻辑运算和函数的混合运算，此外宏程序还提供了循环语句、分支语句和子程序调用语句，适合编制各种复杂的零件加工程序，减少乃至免除手工编程时进行繁琐的数值计算；适合抛物线、椭圆、双曲线等没有插补指令的曲线编程；适合图形一样，只是尺寸不同的系列零件的编程；适合工艺路径一样，只是位置参数不同的系列零件的编程、、、。较大地简化编程；扩展应用范围

3.4.1 宏变量及常量

(1) 宏变量

#0～#49　　当前局部变量
#50～#199　　全局变量
（#100~#199 全局变量可以在子程序中，定义半径补偿量）
#200～#249　0 层局部变量
#250～#299　1 层局部变量
#300～#349　2 层局部变量
#350～#399　3 层局部变量
#400～#449　4 层局部变量
#450～#499　5 层局部变量
#500～#549　6 层局部变量
#550～#599　7 层局部变量

注：用户编程仅限使用#0~#599 局部变量。#599 以后变量用户不得使用；#599 以后变量仅供系统程序编辑人员参考。

#1000“机床当前位置X”	#1001“机床当前位置Y”	#1002“机床当前位置Z”
#1003“机床当前位置A”	#1004“机床当前位置B”	#1005“机床当前位置C”
#1006“机床当前位置U”	#1007“机床当前位置V”	#1008“机床当前位置W”
#1009　保留	#1010“程编机床位置X”	#1011“程编机床位置Y”
#1012“程编机床位置Z”	#1013“程编机床位置A”	#1014“程编机床位置B”
#1015“程编机床位置C”	#1016“程编机床位置U”	#1017“程编机床位置V”
#1018“程编机床位置W”	#1019　保留	#1020“程编工件位置X”

#1021 “程编工件位置Y”
#1022 “程编工件位置Z”
#1023 “程编工件位置A”
#1024 “程编工件位置B”
#1025 “程编工件位置C”
#1026 “程编工件位置U”
#1027 “程编工件位置V”
#1028 “程编工件位置W”
#1029 保留
#1030 “当前工件零点X”
#1031 “当前工件零点Y”
#1032 “当前工件零点Z”
#1033 “当前工件零点A”
#1034 “当前工件零点B”
#1035 “当前工件零点C”
#1036 “当前工件零点U”
#1037 “当前工件零点V”
#1038 “当前工件零点W”
#1039 保留
#1040 “G54零点X”
#1041 “G54零点Y”
#1042 “G54零点Z”
#1043 “G54零点A”
#1044 “G54零点B”
#1045 “G54零点C”
#1046 “G54零点U”
#1047 “G54零点V”
#1048 “G54零点W”
#1049 保留
#1050 “G55零点X”
#1051 “G55零点Y”
#1052 “G55零点Z”
#1053 “G55零点A”
#1054 “G55零点B”
#1055 “G55零点C”
#1056 “G55零点U”
#1057 “G55零点V”
#1058 “G55零点W”
#1059 保留
#1060 “G56零点X”
#1061 “G56零点Y”
#1062 “G56零点Z”
#1063 “G56零点A”
#1064 “G56零点B”
#1065 “G56零点C”
#1066 “G56零点U”
#1067 “G56零点V”
#1068 “G56零点W”
#1069 保留
#1070 “G57零点X”
#1071 “G57零点Y”
#1072 “G57零点Z”
#1073 “G57零点A”
#1074 “G57零点B”
#1075 “G57零点C”
#1076 “G57零点U”
#1077 “G57零点V”
#1078 “G57零点W”
#1079 保留
#1080 “G58零点X”
#1081 “G58零点Y”
#1082 “G58零点Z”
#1083 “G58零点A”
#1084 “G58零点B”
#1085 “G58零点C”
#1086 “G58零点U”
#1087 “G58零点V”
#1088 “G58零点W”
#1089 保留
#1090 “G59零点X”
#1091 “G59零点Y”
#1092 “G59零点Z”
#1093 “G59零点A”
#1094 “G59零点B”
#1095 “G59零点C”
#1096 “G59零点U”
#1097 “G59零点V”
#1098 “G59零点W”
#1099 保留
#1100 “中断点位置X”
#1101 “中断点位置Y”
#1102 “中断点位置Z”
#1103 “中断点位置A”
#1104 “中断点位置B”
#1105 “中断点位置C”
#1106 “中断点位置U”
#1107 “中断点位置V”

#1108 “中断点位置W” #1109 “坐标系建立轴” #1110 “G28中间点位置X”
#1111 “G28中间点位置Y” #1112 “G28中间点位置Z” #1113 “G28中间点位置A”
#1114 “G28中间点位置B” #1115 “G28中间点位置C” #1116 “G28中间点位置U”
#1117 “G28中间点位置V” #1118 “G28中间点位置W” #1119 “G28屏蔽字”
#1120 “镜像点位置X” #1121 “镜像点位置Y” #1122 “镜像点位置Z”
#1123 “镜像点位置A” #1124 “镜像点位置B” #1125 “镜像点位置C”
#1126 “镜像点位置U” #1127 “镜像点位置V” #1128 “镜像点位置W”
#1129 “镜像屏蔽字” #1130 “旋转中心(轴1)” #1131 “旋转中心(轴2)”
#1132 “旋转角度” #1133 “旋转轴屏蔽字” #1134 保留
#1135 “缩放中心(轴1)” #1136 “缩放中心(轴2)” #1137 “缩放中心(轴3)”
#1138 “缩放比例” #1139 “缩放轴屏蔽字” #1140 “坐标变换代码1”
#1141 “坐标变换代码2” #1142 “坐标变换代码3” #1143 保留
#1144 “刀具长度补偿号” #1145 “刀具半径补偿号” #1146 “当前平面轴1”
#1147 “当前平面轴2” #1148 “虚拟轴屏蔽字” #1149 “进给速度指定”
#1150 “G代码模态值0” #1151 “G代码模态值1” #1152 “G代码模态值2”
#1153 “G代码模态值3” #1154 “G代码模态值4” #1155 “G代码模态值5
#1156 “G代码模态值6” #1157 “G代码模态值7” #1158 “G代码模态值8”
#1159 “G代码模态值9” #1160 “G代码模态值10” #1161 “G代码模态值11”
#1162 “G代码模态值12” #1163 “G代码模态值13” #1164 “G代码模态值14”
#1165 “G代码模态值15” #1166 “G代码模态值16” #1167 “G代码模态值17”
#1168 “G代码模态值18” #1169 “G代码模态值19” #1170 “剩余CACHE”
#1171 “备用CACHE” #1172 “剩余缓冲区” #1173 “备用缓冲区”
#1174 保留 #1175 保留 #1176 保留
#1177 保留 #1178 保留 #1179 保留
#1180 保留 #1181 保留 #1182 保留
#1183 保留 #1184 保留 #1185 保留
#1186 保留 #1187 保留 #1188 保留
#1189 保留 #1190 “用户自定义输入” #1191 “用户自定义输出”
#1192 “自定义输出屏蔽” #1193 保留 #1194 保留

(2) **常量**

PI：圆周率π；TRUE：条件成立(真)；FALSE：条件不成立(假)

3.4.2 运算符与表达式

(1) 算术运算符

+，－，*，/

(2) 条件运算符

EQ（=），NE（≠），GT（＞），

GE（≥），LT（＜），LE（≤）

(3) 逻辑运算符

AND，OR，NOT

(4) 函数

SIN（正弦）、COS（余弦）、TAN（正切）、ATAN（反正切-π/2~-π/2）、ABS（绝对值）、 INT（取整）、SIGN（取符号）、SQRT（开方）、

EXP（指数）

(5) 表达式

用运算符连接起来的常数，宏变量构成表达式。

例如：175/SQRT[2] * COS[55 * PI/180]；

#3*6 GT 14；

3.4.3 赋值语句

格式：宏变量=常数或表达式

把常数或表达式的值送给一个宏变量称为赋值。

例如： #2 = 175/SQRT[2] * COS[55 * PI/180]；

#3 = 124.0；

3.4.4 条件判别语句 IF， ELSE，ENDIF

格式 (i)： IF 条件表达式

…

ELSE

```
        …
        ENDIF
格式(ii) ： IF 条件表达式
        …
        ENDIF
```

3.4.5 循环语句 WHILE，ENDW

```
格式：   WIIILE 条件表达式
        …
        ENDW
```

条件判别语句的使用参见宏程序编程举例。

循环语句的使用参见宏程序编程举例。

3.4.6 固定循环指令的实现及子程序调用的参数传递

HNC-21M 的固定循环指令采用宏程序方法实现，这些宏程序调用具有模态功能。

由于各数控公司定义的固定循环含义不尽一致，采用宏程序实现固定循环，用户可按自己的要求定制固定循环，十分方便。华中数控随售出的数控装置赠送固定循环宏程序的源代码 O000。

为便于用户阅读下面固定循环宏程序的源代码，先介绍一下 HNC-21M 宏程序/子程序调用的参数传递规则。

G 代码在调用宏(子程序或固定循环，下同)时，系统会将当前程序段各字段(A~Z 共 26 字段，如果没有定义则为零)的内容拷贝到宏执行时的局部变量#0-#25，同时拷贝调用宏时当前通道九个轴的绝对位置(机床绝对坐标)到宏执行时的局部变量#30-#38。

调用一般子程序时，不保存系统模态值，即子程序可修改系统模态并保持有效；而调用固定循环时，保存系统模态值，即固定循环子程序不修改系统模态。

示例如下：

```
%1234 ;主程序
G92 X0 Y0 Z50
```

G91 G01 Z10 F400

M98 P111 A10 B20 Z30

;此时系统将 A 的值赋给#0，B 的值赋给#1，Z 的值赋给#25，即#0=10，#1=20,#25=30

G04 P1

M98 P111 A-10B-20 Z-30

;此时系统将 A 的值赋给#0，B 的值赋给#1，Z 的值赋给#25，即#0=-10，#1=-20,#25=-30

G04 P1

M98 P111

;此时系统将 A 的值赋给#0，B 的值赋给#1，Z 的值赋给#25，即#0=0，#1=0,#25=0

G04 P1

M30

%111 ;子程序

G90 G00 X[#0] Y[#1] Z[#25]

#50=#0

#51=#1

#52=#2

#53=#0+#1+#2

…

M99

即子程序当前的局部变量与子程序调用时传递的字段名是一一对应的，子程序可使用这些宏变量简化编程。

#0=A

#1=B

#2=C

#3=D

……

#25=Z

下表列出了宏当前局部变量#0~#38 所对应的宏调用者传递的字段参数名。

宏当前局部变量	宏调用时所传递的字段名或系统变量
#0	A
#1	B
#2	C
#3	D
#4	E
#5	F
#6	G
#7	H
#8	I
#9	J
#10	K
#11	L
#12	M
#13	N
#14	O
#15	P
#16	Q
#17	R
#18	S
#19	T
#20	U
#21	V
#22	W
#23	X
#24	Y
#25	Z

#26	固定循环指令初始平面 Z 模态值
#27	不用
#28	不用
#29	不用
#30	调用子程序时轴 0 的绝对坐标
#31	调用子程序时轴 1 的绝对坐标
#32	调用子程序时轴 2 的绝对坐标
#33	调用子程序时轴 3 的绝对坐标
#34	调用子程序时轴 4 的绝对坐标
#35	调用子程序时轴 5 的绝对坐标
#36	调用子程序时轴 6 的绝对坐标
#37	调用子程序时轴 7 的绝对坐标
#38	调用子程序时轴 8 的绝对坐标

对于每个局部变量，都可用系统宏 AR[]来判别该变量是否被定义，是被定义为增量或绝对方式。该系统宏的调用格式如下：

AR[#变量号]

返回：

0：　　表示该变量没有被定义；

90：表示该变量被定义为绝对方式 G90；

91：表示该变量被定义为相对方式 G91。

HNC-21M 子程序嵌套调用的深度最多可以有八层，每一层子程序都有自己独立的局部变量（变量个数为 50）。当前局部变量为#0-#49，第一层局部变量为#200-#249，第二层局部变量为#250-#299，第三层局部变量#300-#349，依此类推。

在子程序中如何确定上层的局部变量，要依上层的层数而定，例：

```
o0099
g92 X0 Y0 Z0
N100 #10=98
M98 P100
M30
o100
N200 #10=100     ;此时 N100 所在段的局部变量#10 为第一层#210
```

```
M98 P110
M99
o110
N300 #10=200      ;此时 N200 所在段的局部变量为第二层#260
                  ; N100 所在段的局部变量#10 为第一层#210
M99
```

例 41 切圆台与斜方台，各自加工 3 个循环（刀具直径Φ10，精加工余量为 1mm，第二道加工余量为 3mm），要求倾斜 10° 的斜方台与圆台相切，圆台在方台之上，顶视图见图 3.4.1。

```
%8002
#10=10.0        ；圆台阶高度
#11=10.         ；方台阶高度
#12=124.0       ；圆外定点的 X 坐标值
#13=124.0       ；圆外定点的 Y 坐标值
#101=9
#102=6
#103=5
N01 G92 X0.0 Y0.0 Z0.0
N05 G00 Z10.0
#0=0
N06 G00 X[–#12] Y[–#13]
N07 Z[–#10] M03 S600
WHILE    #0 LT 3             ；加工圆台
N[08+#0*6] G01 G42 X[–#12/2] Y[–175/2] F280.0 D[#0+101]
N[09+#0*6] X[0] Y[–175/2]
N[10+#0*6] G03 J[175/2]
N[11+#0*6] G01 X[#12/2] Y[–175/2]
N[12+#0*6] G40 X[#12] Y[–#13]
N[13+#0*6] G00 X[-#12] Y[–#13]
#0=#0+1
ENDW
```

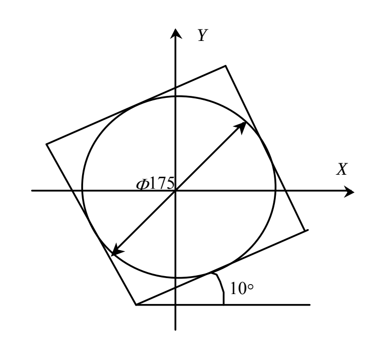


图 3.4.1 宏程序编制例图

```
N100 Z[-#10-#11]
#2=175/SQRT[2]*COS[55*PI/180]
#3=175/SQRT[2]*SIN[55*PI/180]
#4=175*COS[10*PI/180]
#5=175*SIN[10*PI/180]
#0=0
WHILE #0 LT 3                          ；加工斜方台
N[101+#0*6] G01 G90 G42 X[–#2] Y[–#3] F280.0 D[#0+100]
N[102+#0*6] G91 X[+#4] Y[+#5]
N[103+#0*6] X[–#5] Y[+#4]
N[104+#0*6] X[–#4] Y[–#5]
N[105+#0*6] X[+#5] Y[–#4]
N[106+#0*6] G00 G90 G40 X[–#12] Y[–#13]
#0=#0+1
ENDW
G00 X0 Y0 M05
M30
```

例 42. 编辑椭圆加工程序（椭圆表达式：X=a×COSα；Y =b×SINα）

```
%0001
#0=5  定义刀具半径 R 值）
#1=20 定义 a 值）
#2=10（定义 b 值）
#3=0 （定义步距角α的初值，单位：度）
N1 G92 X0 Y0 Z10
N2 G00 X[2*#0+#1] Y[2*#0+#2]
N3 G01 Z0
N4 G41 X[#1]
N5 WHILE #3 GE [-360]
N6 G01 X[#1*COS[#3*PI/180]] Y[#2*SIN[#3*PI/180]]
N7 #3=#3-5
ENDW
```

α

图 3.4.2

```
G01 G91 Y[-2*#0]
G90 G00 Z10
G40 X0 Y0
M30
```

例 43. 见图 3.4.3 所示，用直径 20mm 的单刃螺纹镗刀加工 M60×1.5 的螺纹，（小径 60-2+0.376=58.376），工件高 10mm

```
%0027
N1 G92 X0 Y0 Z30
N2 M03 S500
N3 G01 Z11 X19.178 F1200
N4 #0=58.376/2-10+0.3
WHILE #0 LE 20
N5 G91 G03 I[-#0] Z-1.5 L8
N6 G90 G01 X0
N7 Z11
N8 #0=#0+0.2
N9 G01 X[#0]
N10 ENDW
N11 G01 X20
N12 G91 G03 I-20 Z-1.5 L8
N13 G90 G00 X0
N14 G00 Z30
N15 X30 Y-50
N16 M30
```

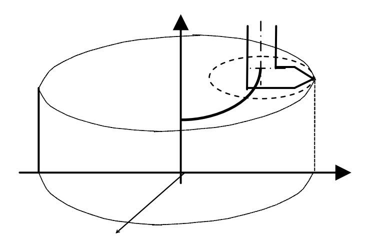


图 3.4.3

例 44. 见图 3.4.4 所示，用球头铣刀加工 R5 倒圆曲面。

```
%0001                （刀位点为球心）
G92 X-30 Y-30 Z25
#0=5                 (倒圆半径)
#1=4                 （球刀半径）
#2=180               （步距角 γ 的 初值。单位：度）
```

```
WHILE #2 GT 90
G01 Z[25+[#0+#1]*SIN[#2*PI/180]]    （计算 Z 轴高度）
#101=ABS[[#0+#1]*COS[#2*PI/180]]-#0 （计算半径偏移量）
G01 G41 X-20 D101
Y14
G02 X-14 Y20 R6
G01 X14
G02 X20 Y14 R6
G01 Y-14
G02 X14 Y-20 R6
G01 X-14
G02 X-20 Y-14 R6
G01 X-30
G40 Y-30
#2=#2-10
ENDW
M30
```

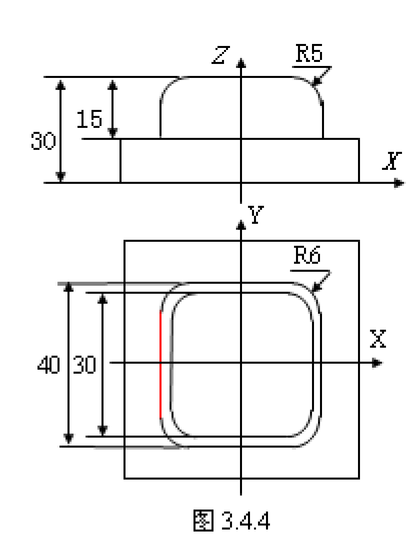


图 3.4.4